

Aus der Abteilung für Anatomie und Physiologie
der Haustiere der Universität Hohenheim
Leiter: Professor Dr. K. Loeffler

vorgelegt über Professor Dr. A. Schummer
Veterinär- Anatomisches Institut der
Justus Liebig- Universität Gießen

Bewegungsmessungen an der Wirbelsäule von Hund u. Katze

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Eingereicht von
Bertil Lang
Tierarzt aus Komotau

Gießen 1972

Aus der Abteilung für Anatomie und Physiologie
der Haustiere der Universität Hohenheim
Leiter: Professor Dr. K. Loeffler

vorgelegt über Professor Dr. A. Schummer
Veterinär- Anatomisches Institut der
Justus Liebig- Universität Gießen

Bewegungsmessungen an der Wirbelsäule von Hund u. Katze

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
bei dem Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

Eingereicht von
Bertil Lang
Tierarzt aus Komotau

Gießen 1972

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
in Gießen

Dekan: Prof. Dr. G. Lämmler

Berichterstatte: Prof. Dr. K. Loeffler

Tag der mündlichen Prüfung: 7.7.1972





Inhaltsangabe

A. EINLEITUNG	1
B. LITERATUR	3
I. Anatomie der Wirbelsäule von Hund und Katze	3
a) Anatomie der Wirbel	3
b) Anatomie der Wirbelsäulenbänder	6
c) Anatomie der Wirbelsäulen-, Beckengürtel- und Bauchmuskulatur	7
II. Statik und Dynamik der Wirbelsäule	11
III. Methodik und Ergebnisse bisheriger Untersuchungen	14
a) Messungen an der Wirbelsäule des Menschen	14
b) Messungen an der Wirbelsäule des Tieres	16
C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	22
I. Material und Methodik	22
II. Die Normalstellung	27
III. Die Kyphose	29
IV. Die Lordose	33
V. Die Skoliose	37
VI. Die Gesamtbewegung in der Vertikal- und in der Horizontalebene	40
a) Die Vertikalebene	40
b) Die Horizontalebene	44
c) Vergleich der Beweglichkeit in der Vertikal- und in der Horizontalebene	48

VII. Die Torsion	51
VIII. Nebenfunde	54
DISKUSSION	57
ZUSAMMENFASSUNG	62
LITERATURVERZEICHNIS	64
TABELLARISCHER ANHANG	71

A. EINLEITUNG

=====

Die Frage nach der Beweglichkeit der Wirbelsäule tauchte sehr frühzeitig in der Literatur auf, und schon 1685 schrieb BORELLI, dass zwischen den Wirbeln Bandscheiben ausgebildet sind, um der Wirbelsäule Festigkeit und allseitige Biegsamkeit zu gewähren.

Eine grosse Zahl vorwiegend humanmedizinischer Autoren befasste sich in den späteren Jahren mit den Bewegungsmöglichkeiten der menschlichen Wirbelsäule, wobei fast jeder seine eigene Methodik benutzte. Frühere Autoren, die Messungen an lebenden Personen vornahmen, hatten nur unvollkommene Möglichkeiten zur Hand, da sie lediglich indirekt durch Beobachtung der Körperoberfläche Schlüsse auf die Bewegungen der Wirbelsäule und ihre Lage im Raum unter verschiedenen Bedingungen ziehen konnten (ANDERSSON 1941). Ihnen ging es dabei hauptsächlich um theoretische Überlegungen, vor allem über die Mechanik und die Bewegungsachsen. Exaktere Messungen an freipräparierten Wirbelsäulen von Leichen vervollständigten später diese Beobachtungen. Die Untersuchungen blieben nicht auf die menschliche Wirbelsäule beschränkt, sondern wurden aus vergleichend-anatomischen Gründen auf die Wirbelsäule des Tieres ausgedehnt.

Heute können die Bewegungen der Wirbelsäule am lebenden Tier röntgenologisch festgehalten werden. Dadurch ist es möglich, Bewegungsmessungen unter relativ physiologischen Bedingungen durchzuführen, ohne die Wirbelsäule bis auf den Bandapparat freizupräparieren.

Von Interesse ist die Beweglichkeit der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte nicht nur für den Anatomen und den Physiologen, sondern auch für den Kliniker, da möglicherweise ein Zusammenhang zwischen den Erkrankungen der Wirbelsäule, insbesondere der Discopathie, und der Beweglichkeit der Wirbelsäule besteht.

B. LITERATUR

=====

I. ANATOMIE DER WIRBELSÄULE VON HUND UND KATZE

a) Anatomie der Wirbel

Den nachfolgenden Ausführungen wurden im wesentlichen die Beschreibungen von ZIETSCHMANN, ACKERKNECHT, GRAU (1943), SCHWARZE (1960), NICKEL, SCHUMMER und SEIFERLE (1968) sowie KOCH (1970) zugrunde gelegt.

Die Wirbelsäule stellt eine in sich geschlossene Einheit dar und lässt sich in Hals-, Brust-, Lenden-, Kreuz- und Schwanzwirbelsäule aufgliedern. Sie besteht aus einzelnen Wirbeln, die alle das gleiche Bauprinzip aufweisen. Auf dem kräftigen Wirbelkörper sitzt dorsal der Wirbelbogen. Von Wirbelkörper und Wirbelbogen wird das Wirbelloch gebildet. Die Summe der Wirbellöcher stellt den Wirbelkanal dar, in dem das Rückenmark mit seinen Häuten gelegen ist. Am Wirbelbogen befinden sich Fortsätze und zwar ein unpaarer, medianer Dornfortsatz sowie auf jeder Seite ein Querfortsatz und nach kranial und kaudal je ein Paar Gelenkfortsätze.

In ihrer Gesamtheit bildet die Wirbelsäule eine Wirbelkette, die bei Hund und Katze vier Krümmungen erkennen lässt:

- eine kyphotische* Kopfhalskrümmung
- eine lordotische Halsbrustkrümmung und
- eine kyphotische Brustlendenkrümmung, die meist in
- eine kyphotische Sakralkrümmung übergeht.

* Die Begriffe Kyphose, Lordose und Skoliose werden im folgenden nicht für pathologische, sondern für normale, durch Muskeleinwirkung entstehende Biegungen der Wirbelsäule gebraucht.

Die Halswirbelsäule besteht stets aus sieben Wirbeln. Der erste Halswirbel (Atlas) besitzt keinen Wirbelkörper, sondern einen dorsalen und einen ventralen Bogen. Der dorsale Bogen trägt eine wenig prominente Rauigkeit als Dornfortsatz. Die als Flügel geformten Querfortsätze sind horizontal gestellt und fast eben. Anstelle des Flügelloches, wie bei anderen Säugetieren, sind beim Fleischfresser Einkerbungen vorhanden. Die beiden Gelenkflächen sind kranial tief ausgehöhlt und am kaudalen Ende flach. Die Gelenkfläche für den Zahn des zweiten Halswirbels ist seicht.

Der zweite Halswirbel (Axis) besitzt den längsten Körper der Halswirbel und einen zapfenförmigen Zahn. Der kammförmige Dornfortsatz reicht kranial bis über den Atlas und kaudal über den dritten Halswirbel. Die Querfortsätze sind schwach ausgebildet und überragen beim Hund noch den kranialen Querfortsatzast des dritten Halswirbels. Die kranialen Gelenkflächen sind gewölbt und zeigen nach kraniolateral; die kaudalen Gelenkflächen sind nach ventral gerichtet.

An den restlichen Wirbeln der Halswirbelsäule nimmt die Länge des Körpers allmählich ab. Die Dornfortsätze nehmen an Grösse zu und sind bei der Katze deutlicher ausgebildet als beim Hund. Die Querfortsätze bestehen aus zwei Anteilen, dem kranialen Processus costarius und dem kaudalen Processus transversus. Die Gelenkflächen der Wirbel sind horizontal gestellt. Der siebte Halswirbel besitzt eine Fovea costalis caudalis und seine Querfortsätze sind stabförmig.

In der Regel sind bei Hund und Katze dreizehn Brustwirbel ausgebildet. Die Wirbelkörper sind in der Mitte der Brust-

wirbelsäule am kürzesten. Die Gelenkflächen für die Rippen werden nach kaudal flacher, und an dem letzten Brustwirbel fehlt die kaudale Gelenkfläche ganz. Die ersten 7 bis 9 Dornfortsätze sind gleich lang. Sie sind bis zum 10. oder 11. Brustwirbel nach kaudal geneigt und weisen vom diaphragmatischen Wirbel ab nach kranial. Auf den diaphragmatischen Wirbel wird im Kapitel "Nebenbefunde" näher eingegangen. Die Spitzen der Dornfortsätze sind beim Hund verdickt. Die Querfortsätze sind kurz und kräftig. Die Gelenkfortsätze sind bei der Katze ab dem 2. und beim Hund ab dem 2. oder 3. Brustwirbel tangential und ab dem 10. Brustwirbel sagittal gestellt (AUER 1914, KRÜGER 1927). Hilfsfortsätze sind beim Hund an allen Brustwirbeln, bei der Katze jedoch erst vom 9. - 10. Brustwirbel an ausgebildet.

Hund und Katze besitzen meist sieben Lendenwirbel. Die Wirbelkörper werden bis zum sechsten Lendenwirbel grösser. Die Dornfortsätze nehmen beim Hund bis zum 5. bzw. 6., bei der Katze bis zum 4. Lendenwirbel an Länge zu und sind bei der Katze stärker nach kranial geneigt als beim Hund. Die kranioventral gerichteten Querfortsätze sind beim Hund, mit Ausnahme des 7. Lendenwirbels, am Ende verdickt, bei der Katze jedoch zugespitzt. Die Gelenkfortsätze stehen sagittal. Mit ihnen verschmelzen an den letzten Lendenwirbeln die kammförmig ausgebildeten Zitzenfortsätze. Die Fleischfresser besitzen an den Lendenwirbeln Hilfsfortsätze. Diese werden kreuzbeinwärts kleiner.

Das Kreuzbein wird bei Hund und Katze von drei Wirbeln gebildet. Diese sind miteinander verwachsen, so dass keine Beweglichkeit untereinander besteht.

b) Anatomie der Wirbelsäulenbänder

Mit Ausnahme der ersten beiden Halswirbel, die nur gelenkig miteinander in Verbindung stehen, werden die Wirbelkörper durch eine Zwischenwirbelscheibe synchondrotisch verbunden. Diese liegt zwischen der kaudalen Endfläche des einen und der kranialen Endfläche des folgenden Wirbelkörpers und besteht aus dem Gallertkern, dem Faserknorpelring und einem peripheren Bindegewebsring. Bei Druck- und bei Zugbelastung wirkt der Gallertkern wie ein Wasserkissen, das den Druck nach allen Seiten verteilt. Die gelenkige Verbindung der Wirbel untereinander erfolgt zwischen den einzelnen Gelenkfortsätzen durch sogenannte Schiebegelenke.

Die weitere Verbindung der Wirbel erfolgt durch Bänder, die entweder über mehrere Wirbel hinweglaufen oder aber nur zwischen zwei Wirbeln ausgebildet sind. Zu den ersteren zählen das Ligamentum longitudinale dorsale, das am Boden des Wirbelkanals vom zweiten Halswirbel bis zu den ersten Schwanzwirbeln läuft, und das Ligamentum longitudinale ventrale, welches vom 8. (9.) Brustwirbel beginnend auf der Ventralfläche der Wirbel zum Kreuzbein zieht, sowie das Nackenband, das vom Axis ohne Verbindung mit den folgenden Halswirbeln zum Dornfortsatz des ersten Brustwirbels reicht. Die Katze besitzt dieses Nackenband nicht. Am Dornfortsatz des ersten Brustwirbels geht das Nackenband in das Ligamentum supraspinale über. Dieses reicht, an den Dornfortsätzen befestigt, bis zum Kreuzbein. Zu den kurzen Bändern, welche zwei benachbarte Wirbel verbinden, zählen die Zwischenbogenbänder, die Zwischendornbänder, die bei der Katze stärker als beim Hund durch Muskelfasern ersetzt sind, und die zwischen den Querfortsätzen verlaufenden Zwischenquerbänder.

c) Anatomie der Wirbelsäulen-, Beckengürtel- und Bauchmuskulatur

Die Wirbel werden durch Muskeln, die der Wirbelsäule auf beiden Seiten unmittelbar angelagert sind, bewegt und gehalten. Die Muskeln lassen sich in Aufrichter, Abwärtsbieger, Seitwärtsbieger und Dreher der Wirbelsäule einteilen. Teils sind es langgezogene Muskeln, die über grössere Hals- und Rückengebiete ziehen, teils kurze Muskeln, die nur von Segment zu Segment reichen. Ausserdem sind noch die Beckengürtel- und die Bauchmuskulatur an der Bewegung der Wirbelsäule beteiligt.

Zu den langen Hals- und Rückenmuskeln zählen:

1. Der Musculus splenius capitis. Er liegt als platter Muskel zwischen Nackenstrang, Halswirbelsäule und Brustwirbelsäule. Er ist bei beidseitiger Wirkung Strecker des Halses sowie Aufrichter und Heber von Kopf und Hals. Bei einseitiger Wirkung ist er Seitwärtsbieger und teilweise auch Dreher.
2. Der Musculus iliocostalis zieht als schmaler Muskel vom Darmbeinflügel und der Lendengegend über die Rippenwirbel hinweg bis zur Halswirbelsäule. Beim Fleischresser lässt er sich in eine Lendenportion und in eine Brustportion aufteilen. Er ist Fixator der Lenden- und der Brustwirbelsäule und bei der Vorwärtsbewegung beteiligt er sich am energischen Strecken der kyphotisch gebogenen Lendenwirbelsäule. Bei einseitiger Kontraktion beteiligt er sich an der Flexion nach lateral.
3. Der Musculus longissimus ist der längste Muskel des Körpers und verläuft vom Kreuz- und vom Darmbein über den Rücken und Nacken bis zum Hinterhauptsbein. Nach Lage und Ansatz lassen sich eine Rücken-, eine Hals- und eine Kopiportion unterscheiden, die kulissenartig

geschichtet sind. Bei beidseitiger Wirkung ist der *Musculus longissimus* Feststeller und Strecker der Wirbelsäule sowie Heber des Halses und Kopfes. Bei einseitiger Wirkung wird die Wirbelsäule seitwärts gebogen und der Kopf im Atlanto-axialgelenk gedreht.

4. Der *Musculus spinalis et semispinalis thoracis et cervicis* reicht von der Lendenwirbelsäule bis zum Axis. Er besteht aus Einzelportionen, die entweder zwischen den Dornfortsätzen oder zwischen den Quer- bzw. den Hilsfortsätzen und den Dornfortsätzen verkehren. Bei beidseitiger Wirkung ist er Feststeller und Strecker des Rückens und Heber des Halses. Bei einseitiger Wirkung biegt er Hals und Rücken nach der Seite.
5. Der *Musculus semispinalis capitis* verbindet Kopf und Hals mit der Widerrist- und Rückengegend und setzt sich beim Fleischfresser aus einem *Musculus biventer cervicis* und einem *Musculus complexus* zusammen. Er ist Aufrichter bzw. Seitwärtsbieger von Kopf und Hals.
6. Die *Musculi multiidj* erstrecken sich vom Kreuzbein bis zum dritten Halswirbel und bestehen aus zahlreichen Einzelzacken, die von den Gelenk- und den Zitzenfortsätzen bzw. von den Querfortsätzen der hinteren zu den Dornfortsätzen bzw. Wirbelbögen der vorausgehenden Wirbel ziehen. Zusammen mit den bisher besprochenen Muskeln wirken diese als Feststeller der Wirbelsäule, indem sie den Lendenteil durchbiegen. Im Brustbereich sind sie Dreher der Wirbelsäule und im Halsteil Aufrichter und Seitwärtsbieger.

Zu den kurzen Hals- und Rückenmuskeln werden gerechnet:

1. Die *Musculi intertransversarii*. Diese sind kleine Muskelbündel, die zwischen den Querfortsätzen oder zwischen den Quer- und den Gelenkfortsätzen bzw. Zitzen- und Hilsfortsätzen eingespannt sind. Sie sind Feststeller und Seitwärtsbieger der Hals- und der Lendenwirbelsäule.

2. Die Musculi interspinales verbinden je zwei Dornfortsätze miteinander und besitzen beim Fleischfresser, im Gegensatz zu den anderen Haussäugetieren, rein muskulösen Charakter. Speziell an Brust- und Lendenwirbelsäule wirken sie als Feststeller und Durchbieger.
3. Die Musculi rotatores verlaufen zwischen den Quer- und den Dornfortsätzen und kommen zwischen dem 1. und 10. Brustwirbel vor. Wie der Name sagt, sind sie Dreher der vorderen Brustwirbelsäule.
4. Der Musculus obliquus capitis caudalis bildet die kraniale Fortsetzung des Multiidussystems und zieht vom Kamm des Axis zum Processus transversus des Atlas. Er zählt zu den Bewegern des Kopfes, indem er den Atlas um den Zahn des Axis dreht.

Die Abwärtsbieger der Wirbelsäule sind:

1. Der Musculus longus colli, der auf der Ventralseite der Wirbelkörper von den ersten sechs Brustwirbeln bis zum Atlas reicht,
2. der Musculus scalenus medius, der vom Vorderrand der ersten Rippe zu den letzten vier Halswirbeln zieht,
3. der Musculus scalenus dorsaljs, der mit zwei bis drei Portionen von den Rippen zum Querfortsatz des vierten bzw. fünften Halswirbels verläuft und
4. der Musculus longus capitis, welcher die Ventralfläche der Halswirbelsäule mit der Schädelbasis verbindet.

Weiterhin ist auch die Beckengürtelmuskulatur an der Bewegung der Wirbelsäule beteiligt, indem sie die Lendenwirbelsäule fixiert oder nach ventral abbiegt. Hierzu zählen:

1. Der Musculus psoas minor. Er entspringt ventral an den Wirbelkörpern der letzten Brust- und der ersten Lendenwirbel und endet am Darmbein.

2. Der Musculus iliopsoas. Er zieht, seitlich vom Musculus psoas minor, von den Körpern der Lendenwirbel zum Trochanter minor des Os femoris.
3. Der Musculus quadratus lumborum. Er stellt eine relativ dünne Muskelplatte dar, die zwischen den Querfortsätzen der Lendenwirbelsäule verkehrt und am Darmbein endet.

Schliesslich sei noch die Bauchmuskulatur erwähnt, die gerade beim Fleischreisser in der Bewegung eine bedeutende Rolle spielt. Durch ihren Zug am Becken beteiligt sie sich an der Biegung der Wirbelsäule nach ventral, so dass die Hintergliedmassen im Galopp weit nach vorne greifen können. Dazu gehören:

1. Der Musculus obliquus externus abdominis. Er entspringt mit mehreren Zacken an den Rippen und aus der Lendenfaszie. Die Bauchsehne des Muskels der einen Seite vereinigt sich mit derselben des anderseitigen Muskels in der Linea alba. Die Beckensehne setzt dagegen am Leistenband an.
2. Der Musculus obliquus internus abdominis. Dieser verläuft von den Hüfthöckern und von der Lendenfaszie zum Rippenbogen und zur Linea alba.
3. Der Musculus rectus abdominis. Er zieht vom Brustbein und von den Knorpeln der Tragerippen zum Schambeinkamm.
4. Der Musculus transversus abdominis liegt der inneren Rumpfaszie und dem Bauchfell direkt an und entspringt an den Querfortsätzen der Lendenwirbel und am Rippenbogen. Seinen Ansatz hat er mit einer breiten Endsehne in der Linea alba.

II. STATIK UND DYNAMIK DER WIRBELSÄULE

Um die Gesamtkonstruktion der Wirbelsäule der quadrupeden Säugetiere zu erklären, wurde stets die Brücke als Vergleich herangezogen. Dabei stehen sich prinzipiell zwei verschiedene Auffassungen gegenüber. Bei der einen soll die Wirbelsäule einem geraden und bei der anderen einem (meist parabolisch) gebogenen Brückenträger entsprechen.

ZSCHOKKE (1892), der die Wirbelsäule als geraden Brückenbalken sieht, geht von der Annahme aus, dass ausser den Wirbelkörpern auch die Dornfortsätze eine wichtige Tragefunktion als Zugelement haben. Gegen diese Theorie spricht jedoch, dass bei einer Brücke der obere Träger nicht ein Zug-, sondern ein Druckelement, und der untere Träger ein Zugelement darstellt (SLIPPER 1946).

Dieser Auffassung steht die "Bogen-Sehnen-Theorie" von BARTHEZ (1798) und STRASSER (1913) gegenüber, die heute noch Gültigkeit hat. Danach ist die tragende Konstruktion des Rumpfes eine Art "Bogen-Sehnen-Brücke", bei der die Wirbelkette den Bogen bildet. Der Bogen erhält seine elastische Spannung durch die Zwischenwirbelscheiben, die Bänder und die Rückenmuskulatur. Seine Abflachung wird durch die Bauchmuskulatur und das Brustbein verhindert. Somit lastet auf den Wirbelkörpern ausschliesslich Druckspannung (KUMMER 1959).

Da die auf den Wirbelkörper entfallenden Kräfte zentral durch den Gallertkern laufen (KUMMER 1960), liegt dieser auch im Zentrum der Bewegungen der Wirbelsäule (NICKEL und SCHUMMER 1968). Das Rückenmark befindet sich daher nicht in der Neutralachse der Wirbelsäule, wie es von früheren Autoren vermutet wurde, sondern dorsal von ihr, wodurch es bei der Bewegung Zug- und Druckkräften ausgesetzt ist.

Die Richtung des Dornfortsatzes ergibt sich aus dem Parallelogramm der Zugkräfte der Muskulatur, die auf ihn einwirken, denn der Dornfortsatz ist bestrebt, sich im Winkel von 90° zu der angreifenden Kraft zu stellen (SLIJPER 1946). Bei grossen Tieren, wie den Ungulaten, bei welchen die Wirbelsäule meist stark gestreckt und die Lendenwirbelsäule oft in sich steif ist (WENGER 1915), gilt das gleiche Prinzip. Auch hier ist der Rumpf wie ein Bogen mit Sehne versteift, und es liegt ein Konstruktionsprinzip wie bei einem Violinbogen vor (KUMMER 1959). So lässt sich die Wirbelsäule von Hund und Katze - im Gegensatz zu den Ungulaten - mit einem elastischen Schiebestab vergleichen, der die Bewegungsimpulse von der Hintergliedmasse weich und elastisch auf den ganzen Rumpf überträgt.

Auf die grössere Beweglichkeit der Wirbelsäule bei den Fleischfressern wird in der Literatur mehrfach hingewiesen. Ihre Wirbelsäule ist schon aufgrund der ballastarmen Nahrung viel weniger belastet als beim Pflanzenfresser und besitzt eine sehr biegsame Lendenpartie (KOSUBEK 1962). Die Wirbelsäulenmuskulatur, die beim Pflanzenfresser stark sehnig durchsetzt und teilweise durch Sehnenstränge ersetzt ist, ist bei Hund und Katze besonders kräftig ausgebildet. "Sie wird beim Fleischfresser namentlich im Galopp und im Sprung auch in weit höherem Masse zur aktiven Mitarbeit herangezogen, indem die Wirbelsäule beim Vorgreifen der Nachhand stark dorsalkonvex gebogen und nach dem Fussfassen durch kräftige Kontraktion der langen Rückenmuskeln, vorab der starken Lendenportion des Iliocostalis, energisch gestreckt wird, um dann den Rumpf wie einen gespannten Bogen nach vorne schnellen zu lassen" (SEIPERLE 1968).

Obwohl heute über den Ablauf der Bewegung Klarheit besteht, ist ihre Begrenzung noch nicht völlig geklärt.

Nach FICK (1911) besteht eine absolute Hemmung durch die Dorn- und Gelenkfortsätze und eine relative durch die antagonistische Muskulatur, die Rippen und die Bänder, wobei der Anulus fibrosus die Haupthemmung verursacht. NOVOGRODSKY (1911) und VIRCHOW (1914) sehen die Gelenkfortsätze als Hauptbewegungshemmer an. ANDERSSON und EKSTRÖM (1941), die genauere Untersuchungen durchführten, stellten fest, dass die hauptsächlichliche Begrenzung der Bewegung durch die Zwischenwirbelscheiben erfolgt. Die Bänder und die Gelenkfortsätze sind für sie von geringerer Bedeutung, und ein Zusammenstossen von knöchernen Teilen, wie von den Dornfortsätzen, halten sie für zweifelhaft. KOCH (1970) weist auf die Zwischendornbänder hin, und nach NICKEL und SCHUMMER (1968) stellen die Zwischenwirbelscheiben elastische Bremsen für jene Bewegungen der Wirbelsäule dar, die dieser entsprechend der unterschiedlichen Ausbildung der Gelenkfortsätze möglich sind.

Sicherlich sind die aufgeführten Faktoren in ihrer Gesamtheit an der Bewegungshemmung beteiligt, es ist jedoch erstaunlich, dass dabei im allgemeinen fast ausschliesslich an die Wirbelsäule selbst gedacht worden ist, während die Muskulatur weniger berücksichtigt wurde. Quantitativ betrachtet sind aber die für die Bewegung notwendigen Gleitflächen grösstenteils in der Muskulatur vorhanden (RABEL 1971).

III. METHODIK UND ERGEBNISSE BISHERIGER UNTERSUCHUNGEN

a) Messungen an der Wirbelsäule des Menschen

Auf die Messergebnisse beim Menschen einzugehen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, weshalb ich mich auf die Messmethoden beschränken will.

WEBER (1827) war der Erste, der genauere Untersuchungen an Wirbelsäulen vornahm. Er untersuchte die Bewegungsverhältnisse an drei Leichen und drei lebenden Männern. An den Leichen präparierte er die Dorn- und die Querfortsätze frei und schlug in diese Nadeln ein. Bei der Beugung der Wirbelsäule beobachtete er dann die Konvergenz bzw. die Divergenz der Nadeln. Am lebenden Objekt fixierte er bei der Rotation jeweils Fußsohlen, Becken und Brustkorb manuell, um die Beweglichkeit der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte zu studieren. Bei der Lordose und der Kyphose nahm er als Ausgangsstellung diejenige an, bei welcher eine zwischen den Kauflächen der Zähne gehaltene Scheibe Horizontallage einnahm. Die Bewegung wurde dann an der Stellung dieser Scheibe gemessen.

VOLKMANN (1872) befasste sich mit der Rotation des Körpers und führte die Messungen durch, indem er die Bewegungen eines Lotes, das an verschiedenen Stellen des Körpers aufgehängt wurde, registrierte.

MEYER (1873) suchte nach der Lage der Bewegungsachsen. In Wirbelsäulen, die er bis auf den Bandapparat freipräpariert hatte, schlug er Stahlstäbe durch die Wirbel und maß bei den einzelnen Bewegungen ihren Abstand voneinander. Daraus berechnete er die Achsen und den Drehwinkel. Extreme Bewegungen studierte er an median durchgesägten Wirbelsäulen.

Zur Messung der Rotation bediente er sich der Methode von WEBER.

HUGHES (1892) führte Messungen an der Wirbelsäule zur Bestimmung der Rotation durch. Er fixierte bei Leichen das Becken, schob einen Stahlstab längs des Wirbelkanals durch die Wirbelsäule und schlug in jeden Wirbel Stahlnadeln im rechten Winkel zur Längsachse. An jeder Stahlnadel wurde eine Pappscheibe mit einem kleinen, frei beweglichen Senklot befestigt. Wurde die Wirbelsäule gedreht, so konnte an jeder Pappscheibe die Torsion abgelesen werden.

LOVETT (1905) prüfte die Beweglichkeit normaler Wirbelsäulen von Leichen und verglich die Ergebnisse mit den Resultaten, die er an 200 skoliotischen Kindern gefunden hatte. Auch er schlug Nadeln in die Dornfortsätze der Wirbelsäulen und beobachtete ihren Ausschlag bei der Beugung.

FICK (1911) mass die Beweglichkeit der freipräparierten Wirbelsäule des Menschen nach allen Richtungen und verglich die Ergebnisse mit der Beweglichkeit der "Wirbelkörper-Bandscheiben-Wirbelsäule" sowie der isolierten Hinterwand des Wirbelkanals, also der Gelenkfortsätze plus Wirbelbogen ohne Wirbelkörper. Dazu sägte er die Wirbelsäule in ihrer ganzen Länge durch.

STRASSER (1913), der sich intensiv mit der Statik der Wirbelsäule befasste, suchte nach Methoden, um exakte Messungen durchführen zu können. Er kam zu dem Ergebnis, dass man nur dann genaue Werte erhält, wenn an der freipräparierten Wirbelsäule die Bewegung der einzelnen Wirbel, d.h. die Beweglichkeit innerhalb jeder Wirbelverbindung, gemessen wird, indem man einen von zwei Wirbeln fixiert und den anderen um seine Mittellinie Bewegungen in ver-

schiedenen Ebenen ausführen lässt. Er legte eine Reihe von Definitionen fest, die zur Angabe der Stellung zweier Wirbel zueinander notwendig erschienen. Seine Ausgangsgrundlage für die Beugung in verschiedene Richtungen war die "elastische Gleichgewichtslage". Diese Lage nimmt ein Wirbel innerhalb der Wirbelsäule ein, wenn keine äusseren Kräfte oder Muskelkräfte auf ihn einwirken.

NOVOGRODSKY (1911), ein Schüler STRASSERS, nahm Messungen nach den Richtlinien seines Lehrers an vier menschlichen Wirbelsäulen vor. Er benützte dazu eine von STRASSER konstruierte Wirbelmesslade. Diese bestand im wesentlichen aus einem Rahmen zur Befestigung des unteren Wirbels, einem Ring, in welchen der darüber befindliche Wirbel eingespannt wurde, einem Zeiger, der in den zu bewegendenden Wirbel eingeschraubt wurde, sowie einer Lade zur Messung des Zeigerausschlages.

BARKE (1931) untersuchte anhand des Röntgenbildes die Beweglichkeit der Wirbelsäule an 44 gesunden Menschen. Er wählte keine Mittellage als Ausgangsstellung, sondern gab nur die Maximalwerte an.

ANDERSSON und EKSTRÖM (1941) stellten Messungen an den Wirbelsäulen dreier Leichen an. Sie gingen dabei prinzipiell wie STRASSER und NOVOGRODSKY vor, massen jedoch zusätzlich bei jeder Flexion die Kraft, die bis zur extremen Beugung aufgewendet werden musste.

b) Messungen an der Wirbelsäule des Tieres

VIRCHOW (1907, 1909, 1910, 1915a, 1915b, 1915c, 1926) studierte nicht nur die Bewegung der Wirbelsäule beim Menschen, sondern untersuchte auch die Wirbelsäulen ver-

schiedener Tierarten, vorwiegend von Zootieren, unter anderem auch die von Löwe und Tiger, um vergleichend-anatomische Schlüsse ziehen zu können. Zur Bestimmung der sagittalen und der lateralen Bewegungsfähigkeit der Wirbelsäule bediente er sich folgender Methode: Die Wirbelsäule wurde bis auf den Bandapparat sorgfältig von Muskeln und Rippen befreit. Dann wurde von der "Eigenform" und von den extremen Beugestellungen der Wirbelsäule ein Gipsabguss angefertigt. Anschliessend wurden die mazerierten Wirbel in der Stellung, die sie bei Herstellung des Gussabdruckes hatten, in die Gipsform gelegt und gemessen. Unter der "Eigenform", von der VIRCHOW bei seinen Messungen ausging, versteht er "diejenige Form, welche die Wirbelsäule einnimmt, wenn sie von Kopf, Rippen und Muskeln, kurz, von allen umgebenden Einflüssen befreit, aber mit ihren eigenen, unverletzten Zwischenwirbelscheiben und Bändern versehen ist."

VIRCHOWs Messergebnisse an der Wirbelsäule des Löwen sind folgende: Die Halswirbelsäule lässt sich ausgiebig nach dorsal biegen, jedoch kaum nach ventral. Ihre Lateraliflexion ist geringer als im Brustbereich. Eine Torsion ist im Halsbereich nicht möglich. Die Brustwirbelsäule zeigt eine starke Seitwärtsbewegung und eine deutliche Drehung. Die Lende ist fast unbeweglich.

Beim Tiger gibt er nur an, dass man die Halswirbelsäule bis zu einer Geraden nach ventral beugen könne und dass zwischen dem zweiten und dem elften Brustwirbel die Torsion möglich ist.

BLUNTSCHLI (1912) untersuchte die Wirbelsäulen von zwei Primaten und verglich ihr Verhalten in der Bewegung mit der des Menschen. Er machte, wie VIRCHOW, Gipsabdrücke in den verschiedenen Beugehaltungen, liess jedoch die Gliedmassen und zum Teil auch die Muskulatur an der Wirbelsäule. Seine Ausgangsstellung für die Messungen bezeichnet er im Gegensatz zu VIRCHOWs "Eigenform" als "Ruinelage".

WENGER (1915) führte Beweglichkeitsmessungen an zwölf freipräparierten Pferdewirbelsäulen durch. Er benutzte dazu die Wirbelmesslade von Strasser, die er entsprechend modifizierte. Aufgrund seiner Messungen kam er zu dem Ergebnis, dass beim Pferd in der Vertikalebene die Halswirbelsäule der beweglichste Wirbelsäulenabschnitt ist, wobei die maximale Beweglichkeit zwischen dem siebten Halswirbel und dem ersten Brustwirbel liegt. In der Brustwirbelsäule nimmt die Beweglichkeit nach kaudal ab, und zwischen den Lendenwirbeln fehlt sie völlig. Auch in der Horizontalebene ist die Halswirbelsäule am beweglichsten, und das Maximum liegt zwischen dem vierten bis siebten Halswirbel. Zwischen den Brustwirbeln ist die Beweglichkeit geringer und fällt vom dreizehnten bis siebzehnten Brustwirbel stark ab. Die Lendenwirbelsäule lässt sich in der Horizontalebene nicht bewegen. Die Rotation ist in der Hals- und in der Lendenwirbelsäule gering. Am grössten ist sie in der Brustwirbelsäule, besonders zwischen dem zweiten und vierten und zwischen dem zehnten und zwölften Brustwirbel.

ZIETSCHMANN (1943) schreibt, dass die Bewegung der Wirbelsäule bei den Haustieren an den zur Anheftung der Becken- und Schultergliedmassen bestimmten Teilen fehlt oder wenigstens in bestimmter Richtung aufgehoben ist. Weiterhin besteht in der Lendenwirbelsäule, bedingt durch Form und Stellung der Gelenkfortsätze, keine Möglichkeit zur Seitwärtsbewegung.

SLIJPER (1946), der vergleichende Untersuchungen über die Wirbelsäule bei den Säugetieren durchführte und Beweglichkeitsuntersuchungen unter anderem auch bei Hunden vornahm, kam zu dem Ergebnis, dass bei diesen im Hals- und Brustgebiet bis in Höhe des Zwerchfells gute dorsale und geringgradige ventrale Flexionsmöglichkeit besteht. Vom Zwerch-

fell bis zum 7. Lendenwirbel ist die Lordose gering und die Kyphose eingeschränkt. Das Lumbosakralgelenk ist in der Vertikalen gut beweglich. Die Lateralflexion ist bis zum Zwerchfell gut und danach geringer. Im Lumbosakralgelenk besteht keine Lateralflexion. Weiterhin schreibt SLJÖPER, dass bei Tieren, die sich im Galopp fortbewegen können, wozu auch Hund und Katze gehören, die maximale Beweglichkeit der Wirbelsäule im Zwerchfellsbereich liegt.

Nach NICKEL und SCHUMMER (1968) hat, entsprechend den Gelenkfortsätzen im kranialen Bereich der Brustwirbelsäule, hier eine Kreiselbewegung um die Längsachse den Vorrang, während an den letzten Brust- und den Lendenwirbeln nur die Möglichkeit der dorsoventralen Auf- und Durchbiegung besteht. An anderer Stelle wird erwähnt, dass, im Gegensatz zu den übrigen Haustieren, die Lendenwirbelsäule der Fleischfresser eine grosse Beweglichkeit besitzt.

KOSUBEK (1962) berichtet, dass bei sämtlichen Gangarten des Hundes eine deutliche Auf- und Abkrümmung der Lendenwirbelsäule zu beobachten ist.

KOCH (1970) schreibt, dass sich die Lendenwirbelsäule vorwiegend dorsoventral bewegen lässt und auch leichte Verwindungen möglich sind.

MARGARETE REUTER (1932) war die erste, die Messungen beim Hund vornahm. Sie untersuchte die Wirbelsäulen von zehn Hunden fünf verschiedener Rassen. "Die Bestimmung der Winkel wurde nach Anlegen von Stricknadeln mit dem Winkelmesser vorgenommen". Es fehlen jedoch Zahlenangaben in ihrer Veröffentlichung. Die Wirbelsäule wurde unter Schonung der Bänder und der Musculi interspinales irrepräpariert. Auch REUTER ging von der "Eigenform" im Sinne

VIRCHOWS als Grundhaltung aus. Um optisch einen Vergleich zwischen den einzelnen Wirbelsäulen zu haben, verband sie die Dornfortsätze des 1. und des 10. Brustwirbels durch eine Gerade, die als Horizontale galt. Bei den Angaben über die Beweglichkeit einzelner Abschnitte geht REUTER auch auf die Unterschiede zwischen den Rassen ein und schreibt zusammenfassend: "Im Atlantoaxialgelenk besteht in hohem Masse Drehfähigkeit. Der Halsteil der Hundewirbelsäule ist gut beweglich. Am besten sind seine Biegunsmöglichkeiten bei den Terriern ausgebildet. Dann folgen Dackel und Jagdhunde (Deutsch-Kurzhaar). Am steifsten waren die Halswirbelsäulen der Schäferhunde und Pinscher. Die Brustportion der Hundewirbelsäule steht der Halsportion kaum nach. Die Bewegungsmöglichkeit nimmt bei den verschiedenen Rassen in folgender Reihenfolge ab: Jagdhund, Schäferhund, Terrier, Dackel und Pinscher. Der Lendenteil ist bei allen Hundewirbelsäulen steif".

AUER (1914) befasste sich mit der Anatomie der Katzenwirbelsäule und geht auch auf die Bewegungsmöglichkeiten der frisch präparierten Wirbelsäule ein. Er schlug Nadeln in Kopf und Wirbel und beugte die Wirbelsäule manuell. Seine Untersuchungen ergaben, dass der Kopf bei horizontal fixiertem Atlas eine geringere Beweglichkeit hat, als wenn dieser nicht fixiert ist, und er schloss daraus, dass bei der Katze das Atlantoaxialgelenk kein reines Drehgelenk darstellt. Die Torsion des Atlas um den Axis gibt er mit 30° nach jeder Seite an.

Zur Bestimmung der Beweglichkeit der Halswirbelsäule fixierte er den ersten Brustwirbel und stellte fest, dass die Halswirbelsäule bei der Lordose senkrecht zur Brustwirbelsäule gestellt werden kann, wobei zwischen dem 7. Halswirbel und dem 1. Brustwirbel eine ausgiebige Bewegung erfolgt. "Im thorakalen Abschnitt der Brustwirbelsäule besteht starke

seitliche Biegung und die Ventralflexion ist stärker als die Dorsalflexion". Zwischen dem 1. und dem 2. Brustwirbel erfolgt keine Drehung und an der restlichen Brustwirbelsäule beträgt die Torsion zwischen dem 2. und dem 10. Brustwirbel ca. 90° . Im Lendenteil besteht nur ganz geringe dorsale und ventrale Flexion, die Lateralflexion ist kaum möglich, und eine Drehung ist ausgeschlossen. Das Kreuzbein ist aus der Mittellage nach oben und unten um 15° - 20° flexibel.

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

=====

I. MATERIAL UND METHODIK

Die Messungen wurden an insgesamt 30 Hunden und 15 Katzen vorgenommen. Über Rasse, Geschlecht und Alter geben die Tabellen 1 und 2 Auskunft.

Es wurde die Beweglichkeit der Wirbelsäule nur von solchen Tieren vermessen, die im Vorbericht und röntgenologisch keine pathologischen Veränderungen an der Wirbelsäule aufwiesen. Sie wurden in Narkose oder kurz nach der Euthanasie, also noch vor Eintritt der Totenstarre, geröntgt. Die Messergebnisse der einzelnen Tiere sind im tabellarischen Anhang zu sehen.

Zur Untersuchung wurden folgende Bewegungsarten bzw. Hauptbewegungsrichtungen ausgewählt:

1. Die Flexion der Wirbelsäule nach ventral: KYPHOSE
2. Die Flexion der Wirbelsäule nach dorsal: LORDOSE
3. Die Flexion der Wirbelsäule nach der Seite: SKOLIOSE
4. Die TORSION.

KRÜGER (1927), der die verschiedenen Bewegungsmöglichkeiten zusammenfasst, erwähnt noch das "Neigungskreiseln". Dazu sind keine Messungen durchgeführt worden, da Neigungskreiseln eine Kombination aus Skoliose und Torsion darstellt.

Die ersten drei aufgeführten Bewegungsmöglichkeiten wurden röntgenologisch festgehalten. Das Tier wurde dazu auf eine Röntgenplatte gelegt und von einem Mann so weit in die gewünschte Richtung gebeugt, dass es gerade noch nicht zu

einer Schädigung der Wirbelsäule kommen konnte. Dabei wurde auch darauf geachtet, dass bei der Beugehaltung keine Torsion zwischen den Wirbeln auftrat. Anschliessend wurden die Röntgenaufnahmen mit Hilfe von Winkelmesser und Lineal ausgemessen. Als Bezugspunkte wurden bei der Kyphose und bei der Lordose jeweils das kraniale und das kaudale Ende der ventralen Kontur des Wirbelkörpers gewählt. Diese Enden wurden durch eine Gerade verbunden. Der Winkel, in dem sich die beiden Geraden zweier Wirbel kreuzten, wurde gemessen (Abb. 1a). Diese Messtechnik war bei der Halswirbelsäule nicht möglich, da in den Röntgenaufnahmen die Ventrallinie der Wirbel von den schräg nach ventral gerichteten Querfortsätzen überdeckt war. Deshalb wurde hier die Dorsalkontur des Wirbelkörpers als Bezugslinie gewählt; sie zeichnete sich im Röntgenbild als deutliche Linie ab. Die beiden genannten Bezugslinien verliefen bei sämtlichen untersuchten Tieren am 1. Brustwirbel parallel, so dass ohne Schwierigkeit von der Hals- zur Brustwirbelsäule übergegangen werden konnte.

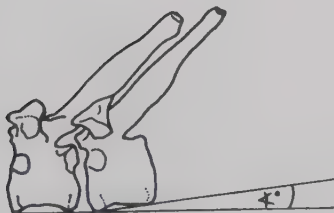


Abb. 1a: Bestimmung der Winkel
in der Vertikalebene.

Der Winkel zwischen Atlas und Axis konnte nicht gemessen werden, da sich am Atlas im Röntgenbild keine Bezugspunkte finden liessen.

Bei der Skoliose wurde eine Gerade in der Medianen des Wirbelkörpers als Bezugslinie gewählt.

Zur Messung der Torsion wurde das Becken des Tieres in einem Schraubstock und der Kopf in einem Gestell waagrecht fixiert. In die Dornfortsätze der Wirbel wurden 5 cm lange Stahlnadeln senkrecht eingeschlagen. Die senkrechte Stellung der Nadeln wurde mit Hilfe des Winkelmessers überprüft. Der Winkelmesser war an einem Stativ befestigt, das sich auf einer ebenen Platte neben dem Tier verschieben liess.

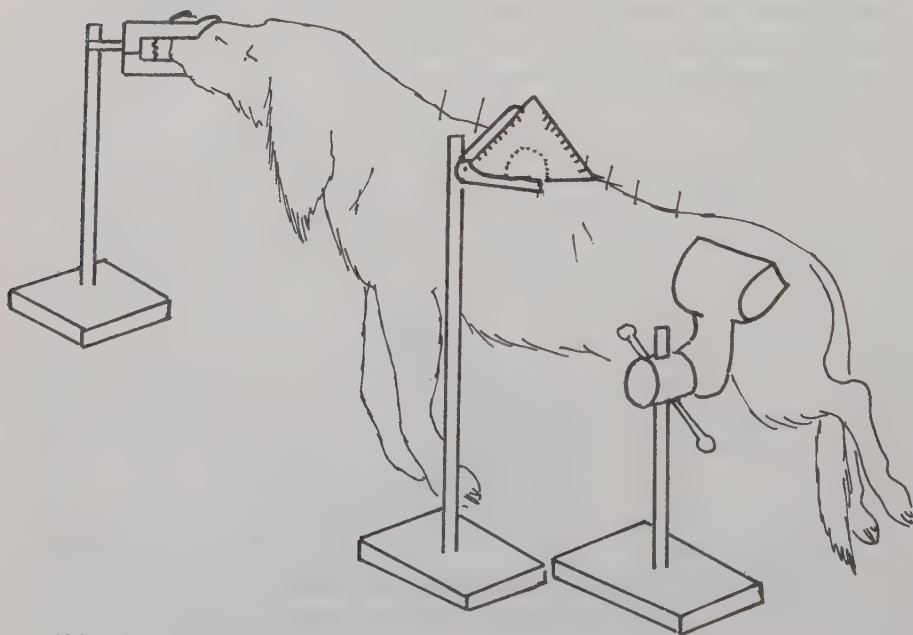


Abb. 1b: Messung der Torsion.

Vor Beginn der Messungen wurde der Winkelmesser jedesmal mit einem Lot genau ausgerichtet. Anschliessend wurde der Kopf maximal nach einer Seite gedreht und in dieser Stellung fixiert. Mit dem Winkelmesser konnte nun die Abweichung der einzelnen Stahlnadeln von der Senkrechten festgestellt werden. Zur Überprüfung des Ergebnisses wurde die Wirbelsäule wieder in die Ausgangsstellung gebracht, der senkrechte Sitz der Nadel kontrolliert, und nach nochmaligem Drehen eine zweite Messung durchgeführt.

An acht Hunden und zwei Katzen wurden Vergleichsmessungen vorgenommen, um festzustellen, inwieweit die Beweglichkeit durch Rippen mit Brustbein, Zwischenrippenmuskulatur, Bauchmuskulatur und Haut beeinflusst wird. Dazu wurden die Tiere zuerst unversehrt (G), dann nach Entfernen von Haut, Gliedmassen, Bauchmuskulatur und Bauchorganen (+), und schliesslich nach Entfernen von Rippen mit Brustbein und Zwischenrippenmuskulatur (-) geröntgt bzw. torquiert. Fixationsmittel wurden nicht verwendet.

Zur Bestimmung der "Normalstellung" wurden vier Hunde jeweils fünfmal geröntgt, nachdem sie zwanglos vor eine senkrecht stehende Röntgenplatte gestellt wurden. Dies liess sich leider bei Katzen nicht durchführen, da sie zwischen Röntgengerät und Platte keine zwanglose, stehende Haltung einnahmen.

In den Abbildungen wurden die Messergebnisse graphisch dargestellt. Auf der Ordinate sind die Winkelwerte in Graden angegeben und zwar die kyphotischen Winkel unter der Nulllinie und die lordotischen Winkel oberhalb der Nulllinie. Entlang der Abszisse sind die einzelnen Wirbel aufgeführt. Die Werte sind der Anschaulichkeit halber durch eine Linie verbunden.

Bei den Vergleichsmessungen wurden die Werte der einzelnen Wirbel addiert und die so gewonnenen Summen der gesamten Wirbelsäulen miteinander verglichen.

II. DIE NORMALSTELLUNG

Die Form der Wirbelsäule ist bei Mensch und Tier durch die dauernd auf sie einwirkenden äusseren Einflüsse einem stetigen Wechsel unterworfen. PICK (1911) schreibt: "Eine allgemein gültige Normalgestalt der Wirbelsäule gibt es nicht, da die Gestalt je nach der tonischen und habituellen aktiven Anspannung der Muskulatur und bei einzelnen Individuen zeitlich je nach der Haltung wechselt".

Wenn ich mich an dieser Stelle dennoch mit der "Normalstellung" befasse, so geschieht dies nicht, um neben "Eigenform", "elastischer Gleichgewichtslage" und "Ruhelage" einen weiteren Begriff als Ausgangsbasis für meine Messungen einzuführen. Es geht hier ausschliesslich darum, die Wirbelsäulenform eines zwanglos stehenden Hundes festzuhalten. Dies soll jedoch nicht dazu dienen, die Standardform der Wirbelsäule, z.B. eines Deutschen Schäferhundes, zu geben.

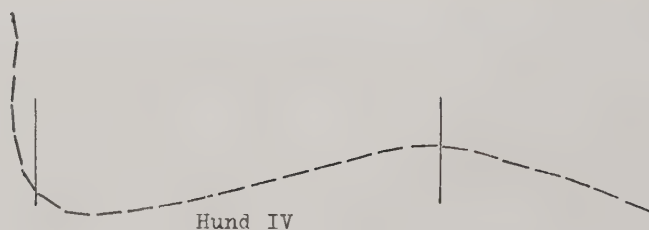
Die Abbildung 2 gibt die Stellung der Wirbelsäule beim Hund in normaler, stehender Haltung wieder. Die vier Zeichnungen wurden entsprechend den Mittelwertangaben in Tabelle 3 angefertigt.

Die kyphotische Kopihalskrümmung ist angedeutet und die lordotische Halsbrustkrümmung deutlich ausgeprägt. Der Übergang der kyphotischen Brustlendenkrümmung in eine kyphotische Sakralkrümmung ist jedoch nur bei Hund IV festzustellen. Bei den anderen Hunden geht die Brustlendenkrümmung in eine lordotische Sakralkrümmung über. Dies ist auch aus den Ergebnissen in Tabelle 3 deutlich zu erkennen.

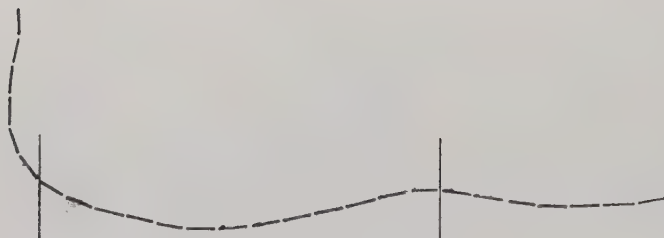
HWS

BWS

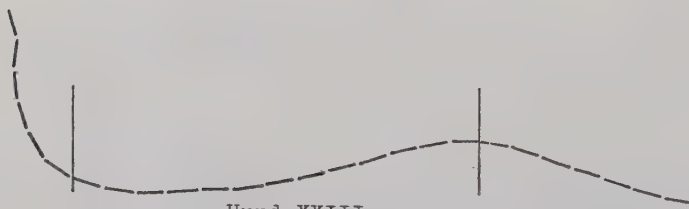
LWS



Hund IV



Hund XI



Hund XXIII



Hund XXVII

Abb. 2: Normalstellung der Wirbelsäule des Hundes.

III. DIE KYPHOSE

Die im Text angegebenen Werte sind stets Mittelwerte. Die genauen Messergebnisse der einzelnen Tiere können den Tabellen entnommen werden.

HUND: Aus der Abbildung 3 ist zu erkennen, dass im Hals- und Brustbereich trotz der kyphotischen Beugung einzelne Werte oberhalb der Nulllinie liegen, d.h. dass diese Wirbel eine lordotische Stellung zueinander beibehalten. Besonders auffallend ist dies am Übergang von der Hals- zur Brustwirbelsäule. Bei den meisten Hunden ist dieses Verhalten zwischen dem 5. Halswirbel und dem 2. Brustwirbel zu finden. Bei einigen wenigen Hunden jedoch verstreicht dieser Abschnitt bis zu einer Geraden oder lässt sich sogar geringgradig nach ventral beugen. Ausserdem verharren bei manchen Tieren auch in der mittleren Brustwirbelsäule einzelne Wirbel in der Lordose. Das Maximum der Beugung nach ventral liegt beim Hund in der Halswirbelsäule und zwar zwischen dem 2. und 5. Halswirbel. An zweiter Stelle kommt der Bereich zwischen dem 11. Brustwirbel und dem 2. bzw. 3. Lendenwirbel, wogegen die übrigen Wirbel eine relativ geringe Beugungsfähigkeit nach ventral aufweisen. Zwischen dem 7. Lendenwirbel und dem Kreuzbein wurden Werte zwischen 5° und 30° gemessen, wobei jedoch grundsätzlich eine Lordose bestehen bleibt.

KATZE: Bei der Mehrzahl der Katzen (Abb. 4) behält das Gebiet zwischen dem 5. Halswirbel und dem 1. Brustwirbel im allgemeinen seine lordotische Stellung bei. Bei sechs Katzen jedoch streckt sich dieser Teil der Wirbelsäule ebenfalls bis zu einer Geraden oder lässt sich sogar nach ventral beugen. Auch hier konnte bei einzelnen Tieren festgestellt werden, dass einige Brustwirbel in lordotischer Stellung verharren.

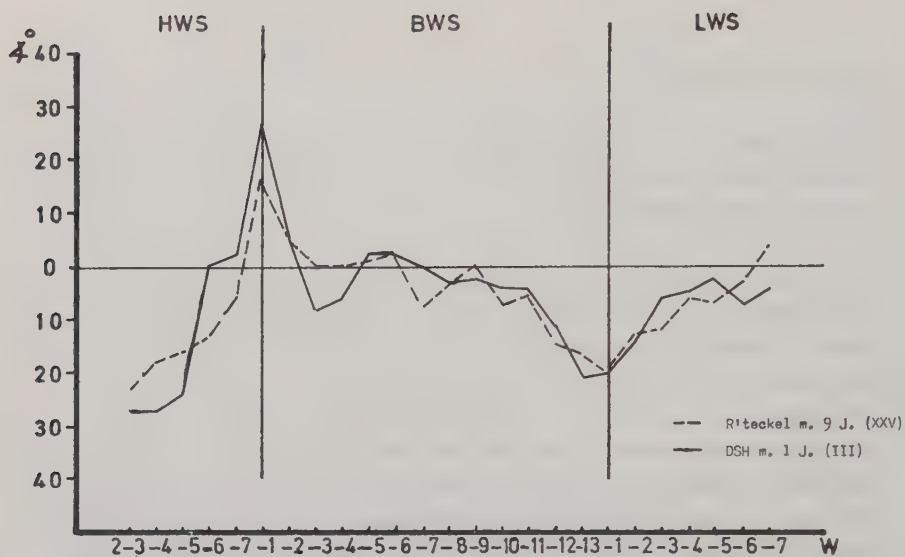


Abb. 3: Kyphose der Wirbelsäule des Hundes.

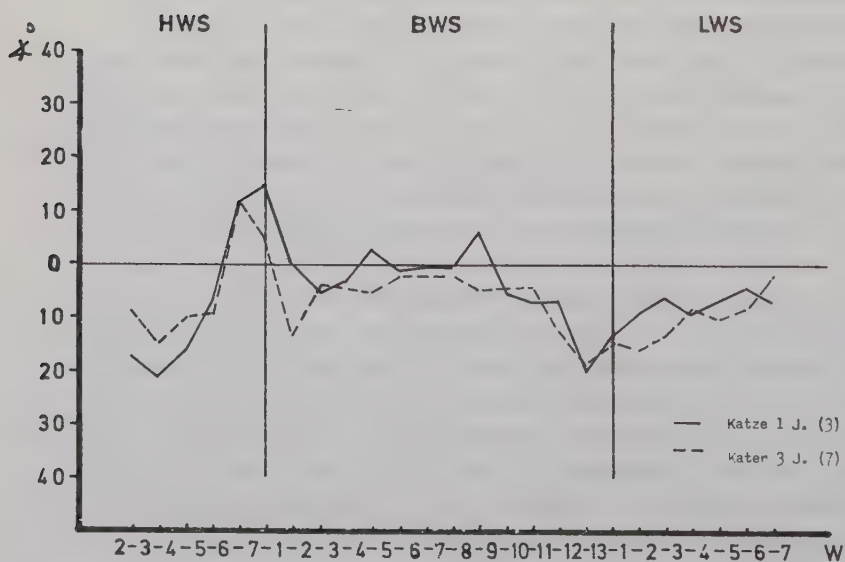
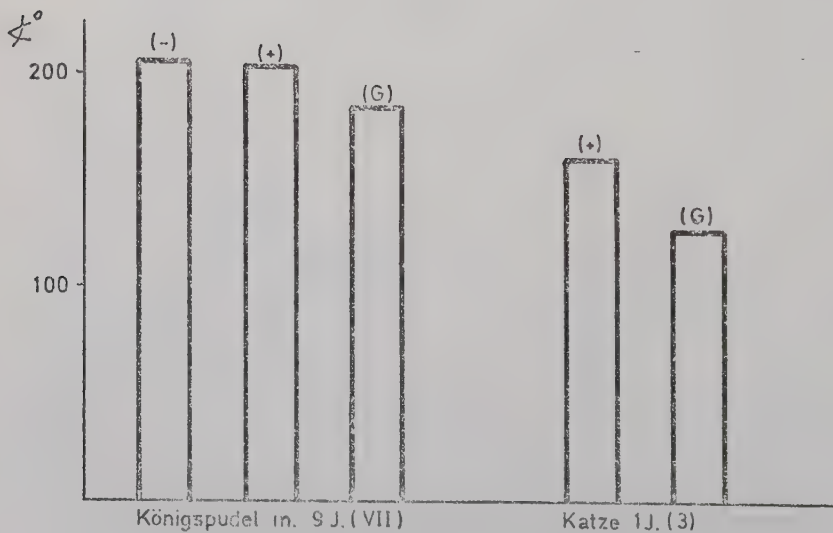
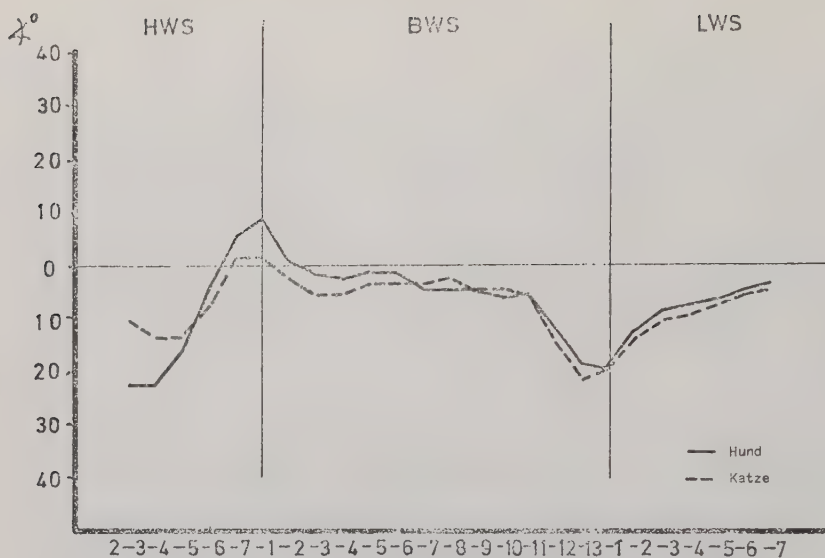


Abb. 4: Kynhose der Wirbelsäule der Katze.

Die grössten Beugungswinkel liegen bei der Katze zwischen dem 11. Brustwirbel und dem 2. bzw. 3. Lendenwirbel. Weniger ausgeprägt ist dagegen die Flexionsmöglichkeit in der Halswirbelsäule. Die übrigen Brustwirbel zeigen das gleiche Verhalten wie beim Hund. An der Lendenwirbelsäule nimmt die Beugungsmöglichkeit nach ventral in Richtung Kreuzbein langsam ab. Im Lumbosakralgelenk erhält man bei der Katze Werte zwischen 0° und 14° . Die Stellung variiert von gerade bis lordotisch.

Vergleicht man das Verhalten von Hund und Katze bei der Kyphose (Abb. 5), so fällt auf, dass die lordotische Stellung der Halsbrustkrümmung beim Hund ausgeprägter ist, und dass sich die Halswirbelsäule des Hundes weiter nach ventral beugen lässt als die der Katze.

Aus den Vergleichsmessungen am einzelnen Tier geht hervor, dass Haut, Rippen mit Brustbein und Zwischenrippenmuskulatur zusammen mit der Bauchmuskulatur nur eine geringe Hemmung der Kyphose verursachen (Abb. 6).



IV. DIE LORDOSE

Bei der Beugung nach dorsal verharret der Übergang von der Brust- zur Lendenwirbelsäule kyphotisch und zwar zwischen dem 10. bzw. 11. Brustwirbel und dem 2. bzw. 3. Lendenwirbel (Abb. 7 und 8). Jedoch auch hier gibt es Ausnahmen, bei denen sich die Wirbelsäule bis zu einer Geraden biegen lässt.

HUND: Das Maximum der Beugung liegt in der Halswirbelsäule. Beginnend am 2. Halswirbel, der sich gegenüber dem 3. nicht nach dorsal beugen lässt, nimmt die Flexionsmöglichkeit bis zum 7. Halswirbel bzw. 1. Brustwirbel zu. Vom 2. Brustwirbel an sind die Werte wieder bedeutend geringer und bleiben dann gleichmässig, bis die Wirbelsäule in die kyphotische Brustlendenkrümmung übergeht. Im Lendenbereich ist die Beugefähigkeit um einige Grade geringer als an der Brustwirbelsäule.

KATZE: Auch bei der Katze ist die stärkste Flexionsmöglichkeit in der Halswirbelsäule zu finden, und die gemessenen Werte steigen bis zum 7. Halswirbel bzw. 1. Brustwirbel an. Der 2. und 3. Halswirbel verhalten sich wie beim Hund. Vom 7. Halswirbel an fallen die Werte bis zum 2. Brustwirbel stark ab, und von da an wird die Beugungsmöglichkeit der Wirbel bis zum 10. bzw. 11. Brustwirbel allmählich geringer (Abb. 8). Bei der Lendenwirbelsäule steigen die Werte wieder leicht an.

Der Winkel der Lordose zwischen dem 7. Lendenwirbel und dem Kreuzbein beträgt bei Hund und Katze im Mittel 27° .

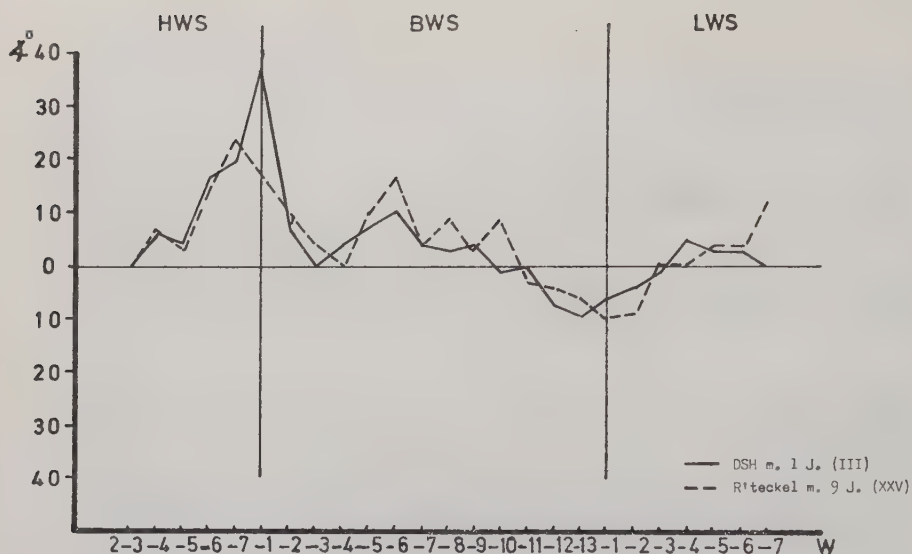


Abb. 7: Lordose der Wirbelsäule des Hundes.

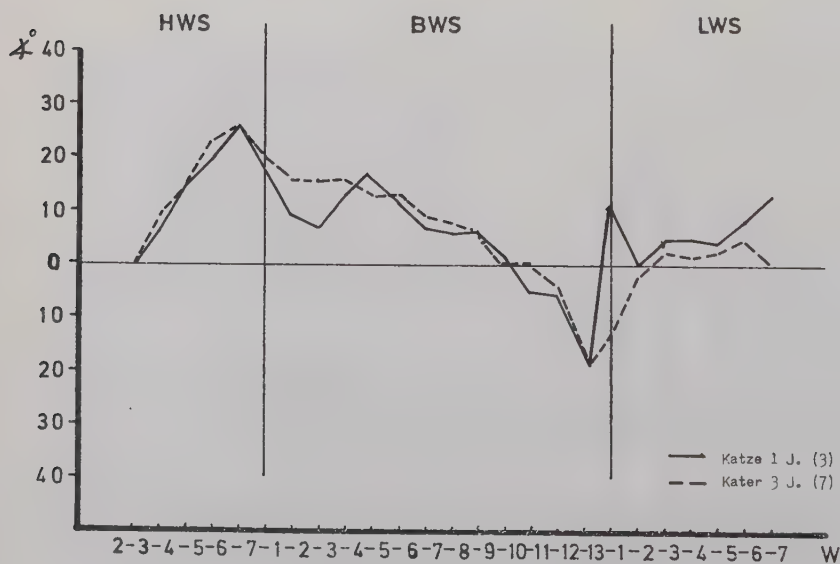
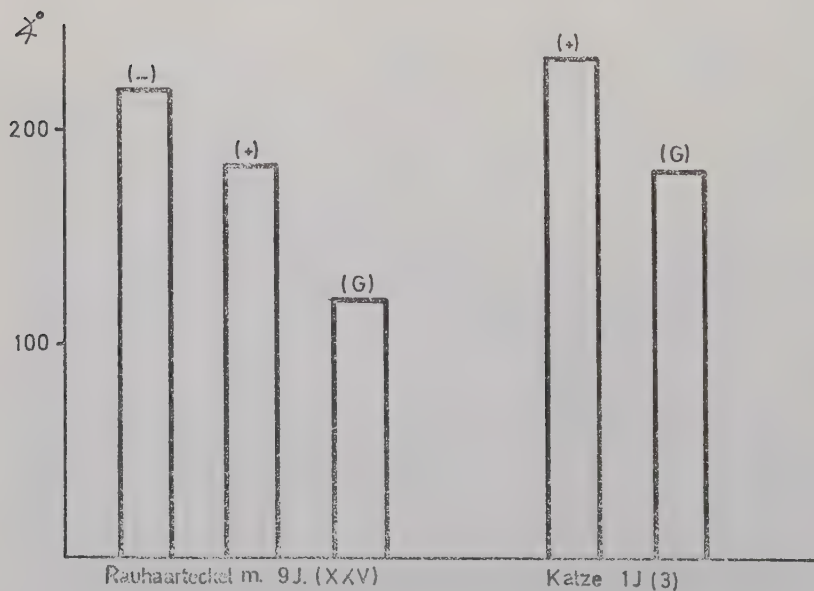
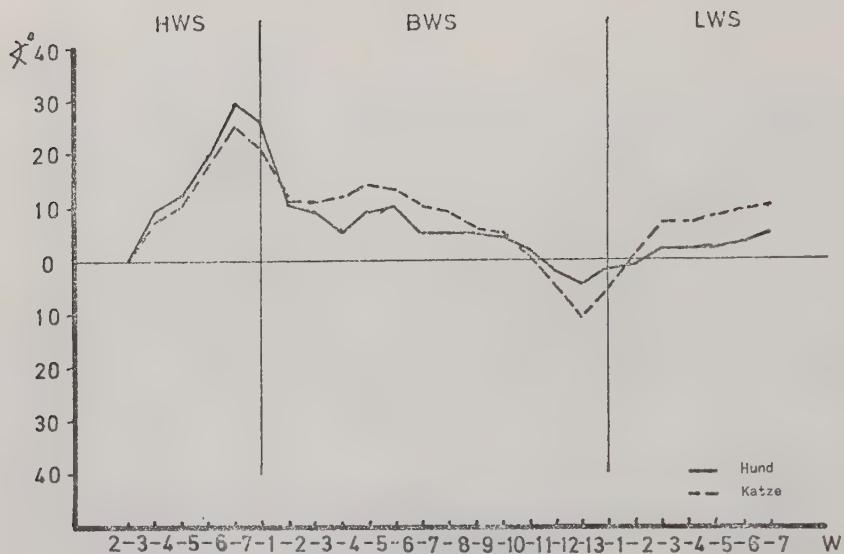


Abb. 8: Lordose der Wirbelsäule der Katze.

In Abbildung 9 ist zu erkennen, dass sich die Katze im Vergleich zum Hund im Bereich der Brustwirbelsäule stärker nach dorsal beugen lässt, dass ihre kyphotische Halsbrustkrümmung weniger verstreicht, und dass ihre Flexionsmöglichkeit in der Lendenwirbelsäule grösser ist.

Bei den Vergleichsmessungen am einzelnen Tier ist deutlich zu erkennen, dass die Rippen mit Brustbein und Zwischenrippenmuskulatur zusammen mit der Bauchmuskulatur eine hemmende Wirkung auf die Lordose haben (Abb. 10).



V. DIE SKOLIOSE

Zur Messung der Skoliose wurde die Wirbelsäule entweder nach links oder nach rechts gebogen.

HUND: Die Halswirbelsäule ist der Teil der Wirbelsäule, der sich am weitesten nach lateral beugen lässt, wobei das Maximum zwischen dem 5. und 7. Halswirbel liegt. Ab dem 1. bzw. 2. Brustwirbel lässt die Flexionsmöglichkeit nach und beträgt bis zum 4. Lendenwirbel jeweils ca. 6° - 10° . Vom 4. Lendenwirbel bis zum Kreuzbein nehmen die gemessenen Werte kontinuierlich ab, und zwischen dem 7. Lendenwirbel und dem Kreuzbein ist keine Skoliose mehr möglich (Abb. 11).

KATZE: Hier ist die Halswirbelsäule nur um wenige Grade beweglicher als die erste Hälfte der Brustwirbelsäule, wo der Mittelwert bei ca. 6° bis 7° liegt. Dann nimmt die Flexionsmöglichkeit zu und erreicht ihr Maximum zwischen dem 13. Brustwirbel und dem 2. Lendenwirbel. Anschliessend geht die Bewegungsmöglichkeit nach lateral wieder zurück. Zwischen dem 7. Lendenwirbel und dem Kreuzbein fehlt sie völlig (Abb. 12).

Betrachtet man die Skoliose bei Hund und Katze (Abb. 13), so zeigt sich, dass beim Hund die Halswirbelsäule nach der Seite hin beweglicher ist als bei der Katze, und dass die Katze im Gegensatz zum Hund im Brust- und Lendenbereich zwischen dem 11. Brustwirbel und dem 4. Lendenwirbel eine viel grössere Beweglichkeit aufweist.

Die Vergleichsmessungen am einzelnen Tier lassen erkennen, dass die Rippen mit Brustbein und Zwischenrippenmuskulatur zusammen mit der Bauchmuskulatur auf die Skoliose einen hemmenden Einfluss ausüben (Abb. 14).

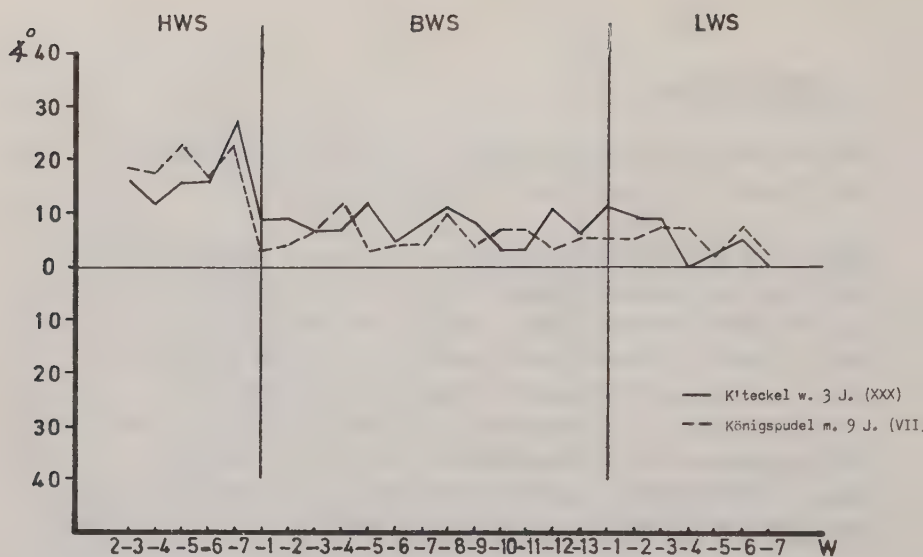


Abb. 11: Skoliose der Wirbelsäule des Hundes.

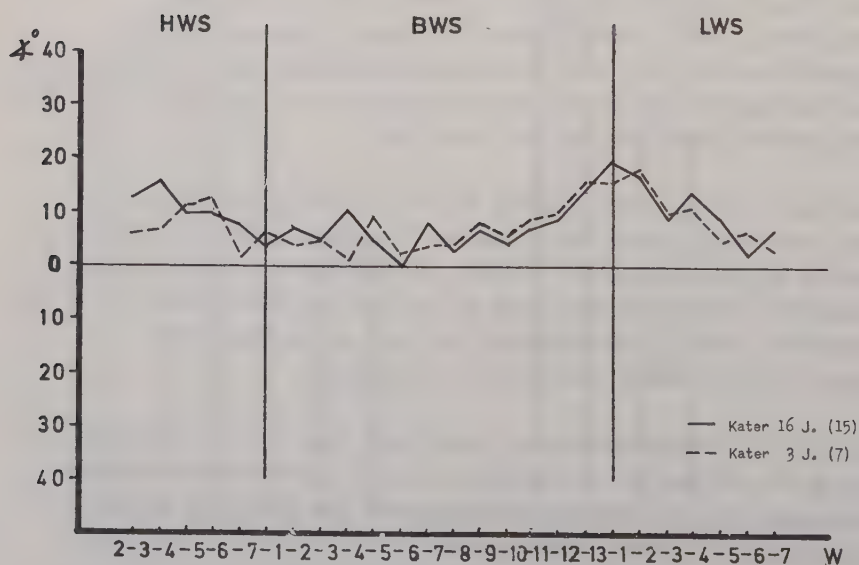


Abb. 12: Skoliose der Wirbelsäule der Katze.

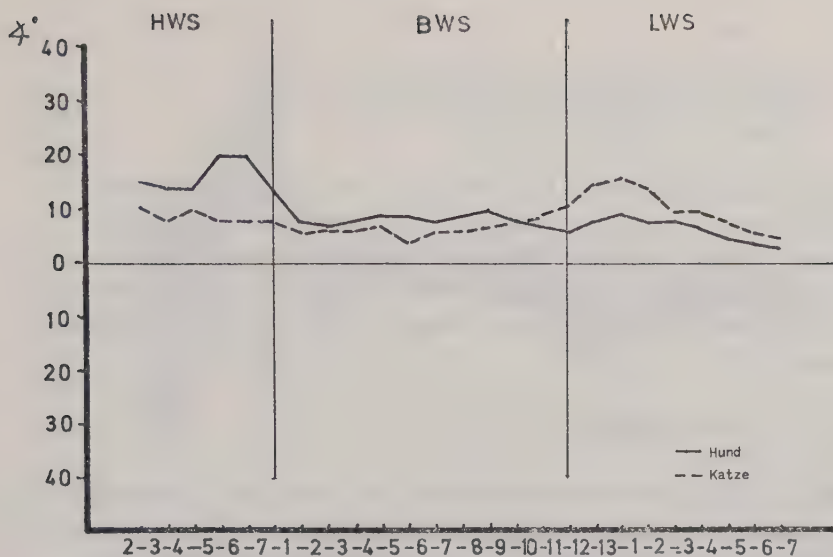


Abb. 13: Skoliose der Wirbelsäule von Hund und Katze, Mittelwerte.

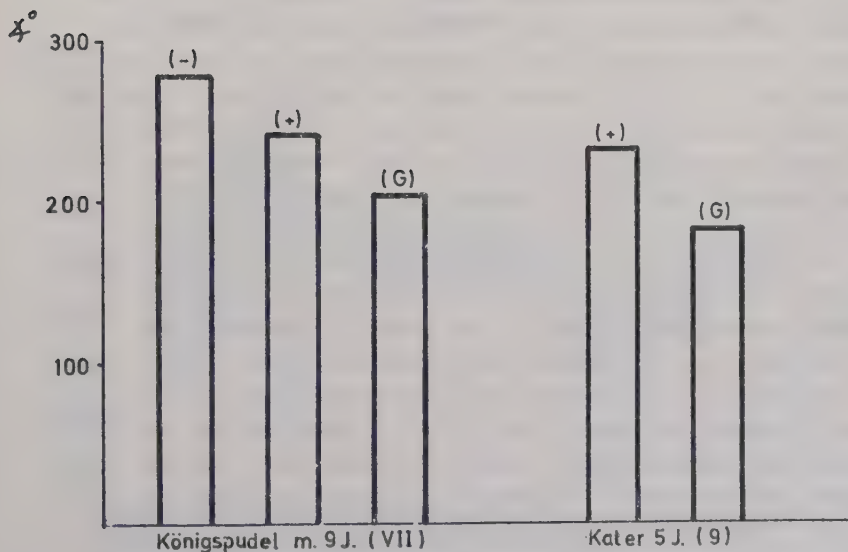


Abb. 14: Vergleichsmessungen bei der Skoliose,
 (-) = Wirbelsäule ohne Rippen,
 (+) = Wirbelsäule mit Rippen,
 (G) = unversehrtes Tier.

VI. DIE GESAMTBEWEGUNG IN DER VERTIKAL- UND IN DER HORIZONTALLEBENE

Als Gesamtbewegung in der Vertikal- und in der Horizontallebene sind hier die dorsoventrale Beweglichkeit und die Beweglichkeit nach der Seite zu verstehen. Es ist mir bewusst, dass es beim lebenden Tier beispielsweise besonders im Halsbereich eine Bewegung genau in der Horizontallebene nicht gibt.

a) Die Vertikalebene

Addiert man die Werte der Kyphose mit denen der Lordose, so ergibt dies die Gesamtbeweglichkeit in der Vertikalebene. In den Abbildungen 15 - 20 wurden die beiden genannten Flexionen einzelner Tiere zur Veranschaulichung in ein Koordinatensystem eingetragen.

HUND: Die Messungen ergaben, dass die Halswirbelsäule der beweglichste Abschnitt der Wirbelsäule ist, und zwar beträgt hier die Beweglichkeit zwischen den einzelnen Wirbeln etwa 20° - 30° . Danach folgt das Gebiet vom 12. Brustwirbel bis zum 1. bzw. 2. Lendenwirbel mit einer Beweglichkeit zwischen 10° und 16° . An der restlichen Brust- und Lendenwirbelsäule schwanken die Werte bei den einzelnen Tieren zwischen 0° und 20° .

KATZE: Auch bei der Katze ist die Halswirbelsäule mit Werten zwischen 20° und 25° der beweglichste Abschnitt. Allerdings ist die Beweglichkeit zwischen dem 2. und 3. Halswirbel geringer als bei den übrigen Halswirbeln und schwankt zwischen 3° und 17° . Mit Ausnahme des Abschnittes zwischen dem 9. und 11. Brustwirbel ist die Beweglichkeit vom 1. Brustwirbel bis zum Kreuzbein bei

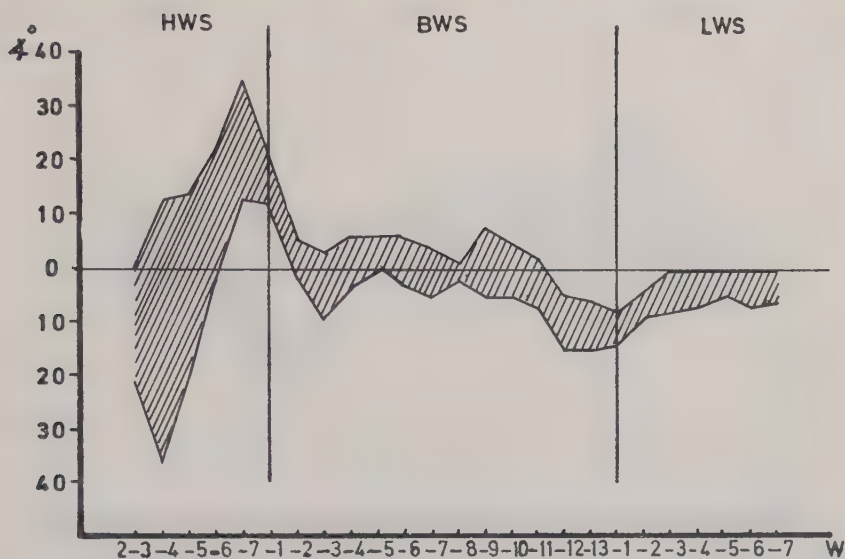


Abb. 15: Gesamtbewegung der Wirbelsäule eines Hundes in der Vertikalebene, Königspudel m. 9 J. (VII)

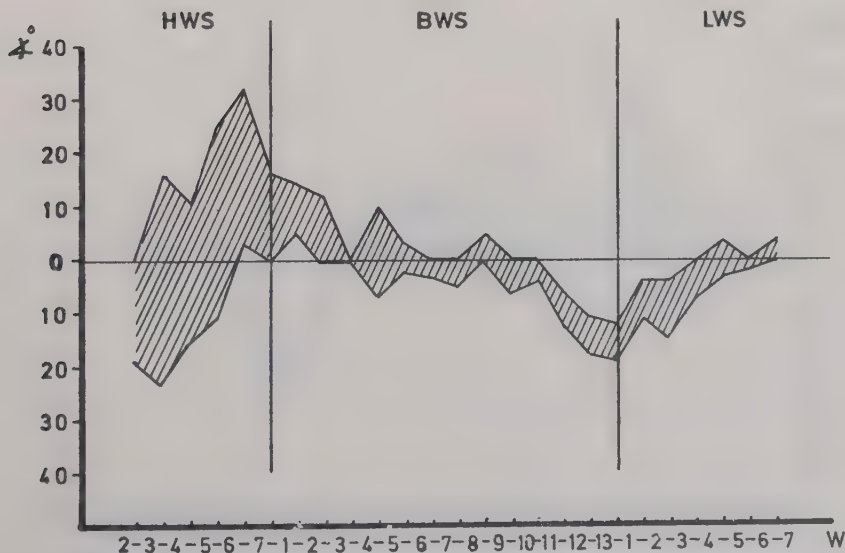


Abb. 16: Gesamtbewegung der Wirbelsäule eines Hundes in der Vertikalebene, Kurzhaarteckel w. 3 J. (XXX)

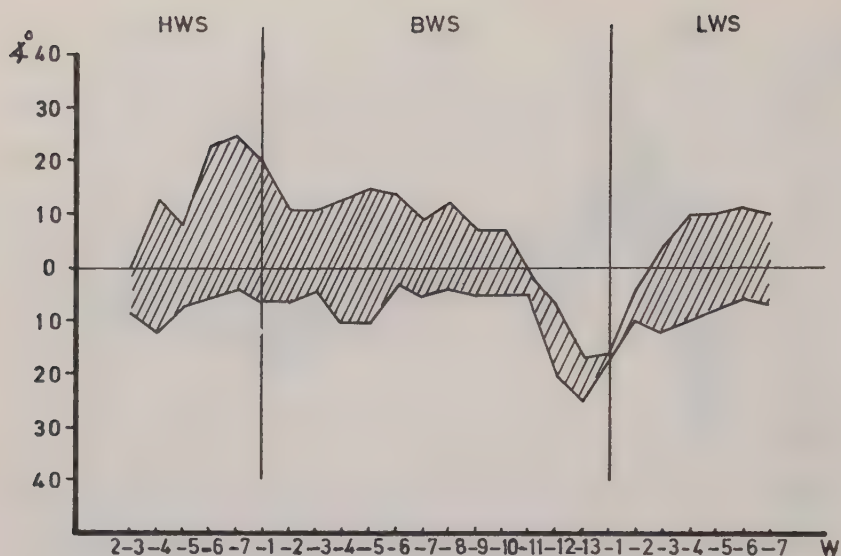


Abb. 17: Gesamtbewegung der Wirbelsäule einer Katze in der Vertikalebene, Katze 10 J. (14)

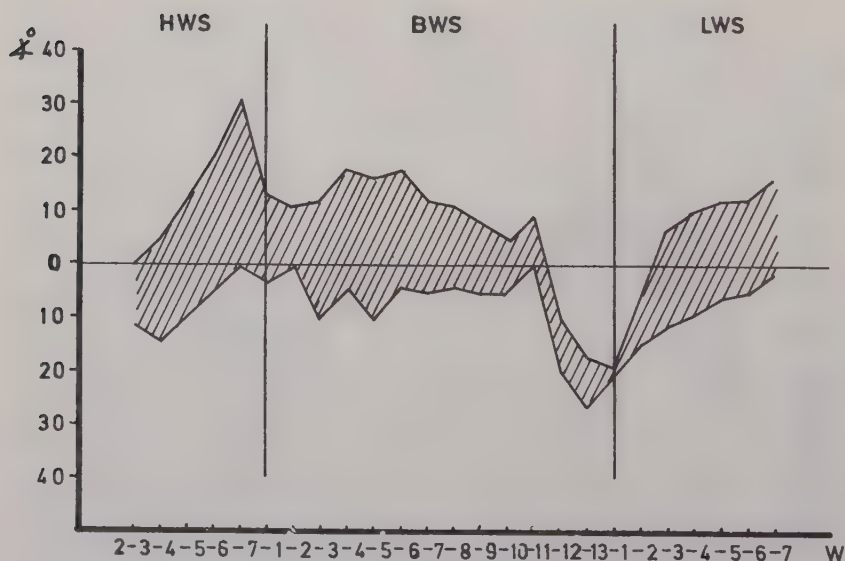


Abb. 18: Gesamtbewegung der Wirbelsäule einer Katze in der Vertikalebene, Katze 6 J. (11)

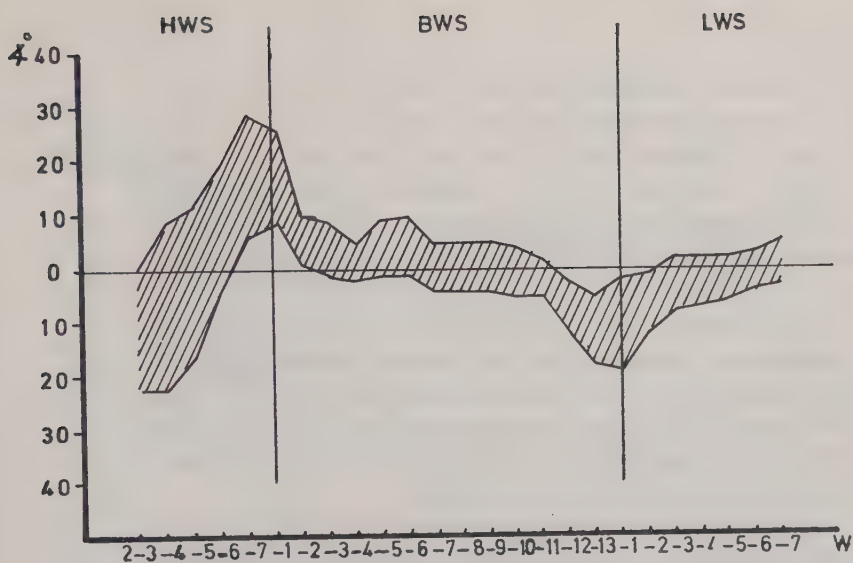


Abb. 19: Gesamtbewegung der Wirbelsäule des Hundes in der Vertikalebene, Mittelwerte.

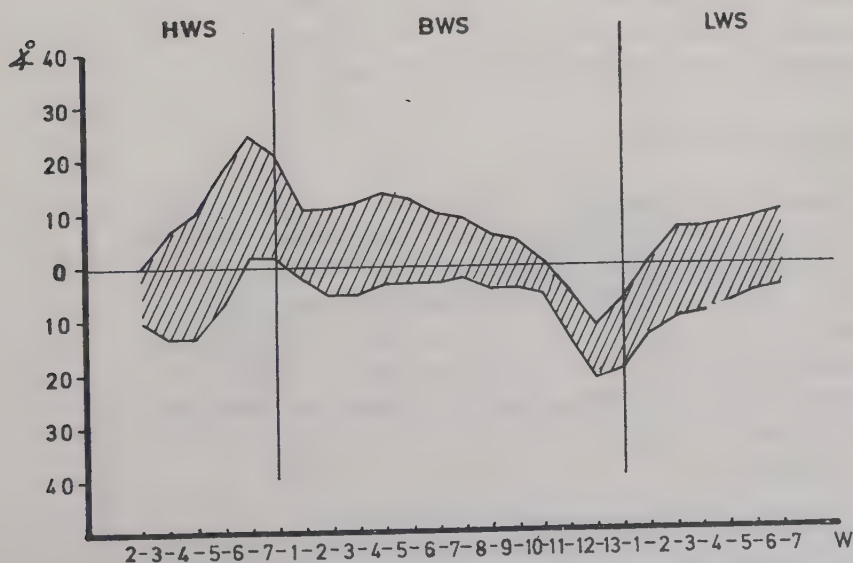


Abb. 20: Gesamtbewegung der Wirbelsäule der Katze in der Vertikalebene, Mittelwerte.

der Katze mit durchschnittlichen Werten von 13° - 17° relativ gross, während zwischen dem 9. und 11. Brustwirbel (bei verschiedenen Tieren auch zwischen dem 9. Brustwirbel und dem 1. Lendenwirbel) die Messergebnisse zwischen 0° und 10° liegen. Diese Einschränkung in der Beweglichkeit konnte auch bei einzelnen Hunden festgestellt werden.

Ein Vergleich der Beweglichkeit der Wirbelsäule in der Vertikalebene zwischen Hund und Katze ergibt, dass die Halswirbelsäule des Hundes zwischen dem 2. und 5. Halswirbel beweglicher ist. Dagegen ist die Katze, mit Ausnahme der letzten Brustwirbel, in der Brust- und Lendenwirbelsäule flexibler als der Hund.

Wie aus den Abbildungen 15 - 20 zu ersehen ist, kann das Verharren bestimmter Wirbelsäulenabschnitte in der entgegengesetzten Richtung als die durchgeführte Beugung nicht als Einschränkung der Beweglichkeit ausgelegt werden, so wenig wie eine stärkere Beugungsmöglichkeit in eine bestimmte Richtung (wie z. B. am 12. Brustwirbel) auf eine besonders grosse Beweglichkeit schliessen lässt.

b) Horizontalebene

Die Ausgangsstellung bei der Skoliose ist eine Gerade. Verdoppelt man die einzelnen Werte und trägt diese, wie bei den vorherigen Beugungen, in ein Koordinatensystem ein, so kann die Gesamtbewegung zwischen den einzelnen Wirbeln festgestellt werden. Betrachtet man die Abbildungen 21 - 26, so sind die grosse Beweglichkeit der Halswirbelsäule beim Hund und die starke Skoliose nach beiden Seiten im Brust-Lendenbereich der Katze deutlich zu erkennen.

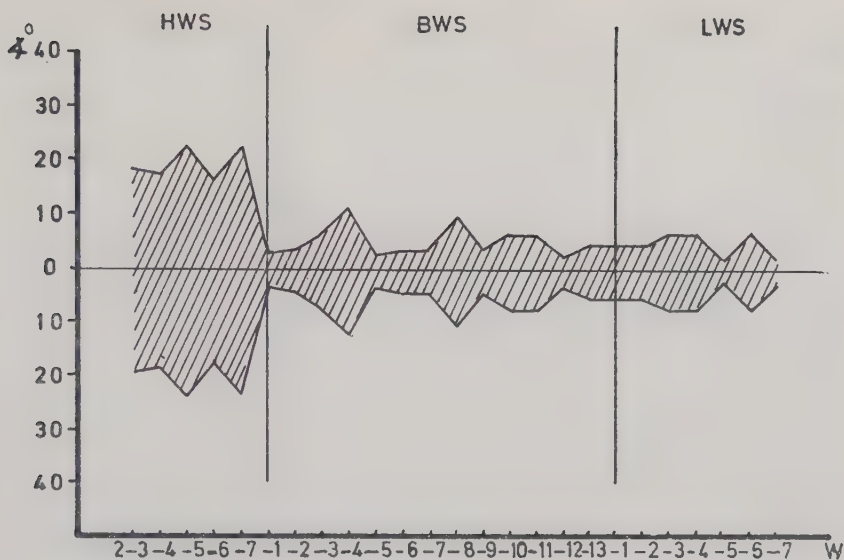


Abb. 21: Gesamtbewegung der Wirbelsäule eines Hundes in der Horizontalebene, Königspudel m. 9 J. (VII)

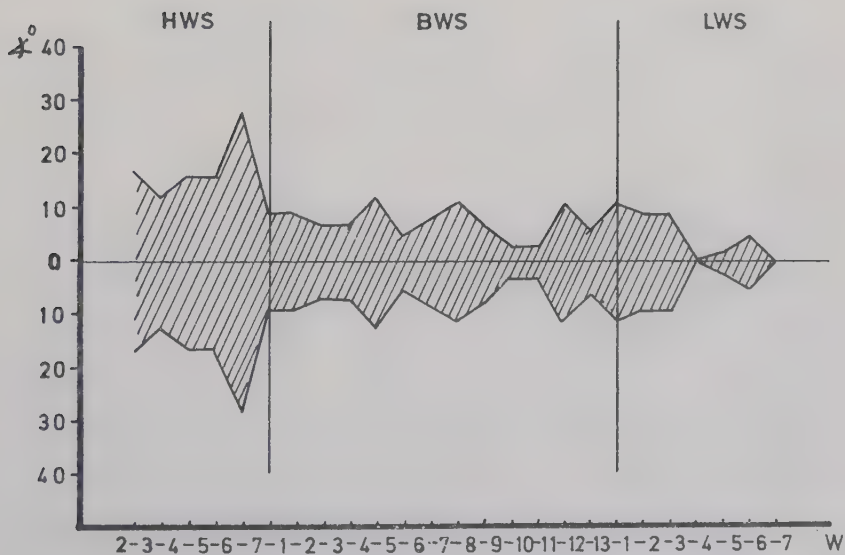


Abb. 22: Gesamtbewegung der Wirbelsäule eines Hundes in der Horizontalebene, Kurzhaarteckel w. 3 J. (XXX)

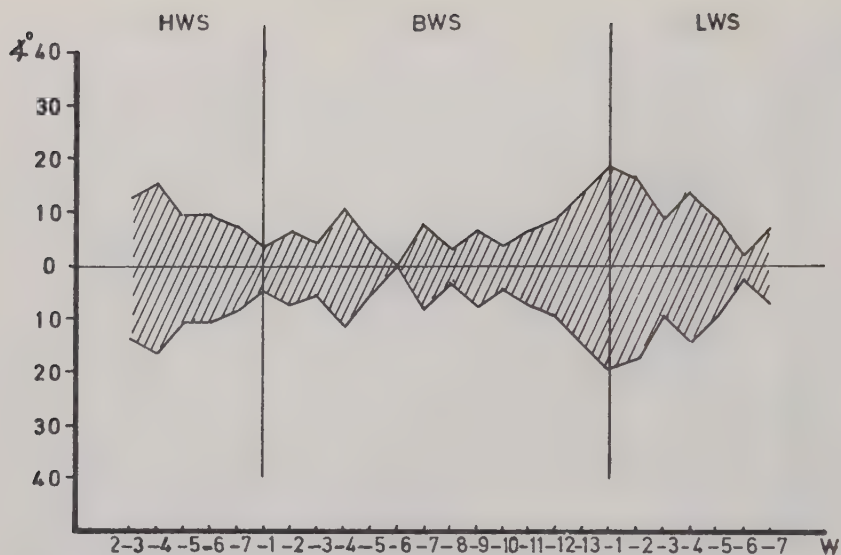


Abb. 23: Gesamtbewegung der Wirbelsäule einer Katze in der Horizontalebene, Kater 3 J. (7)

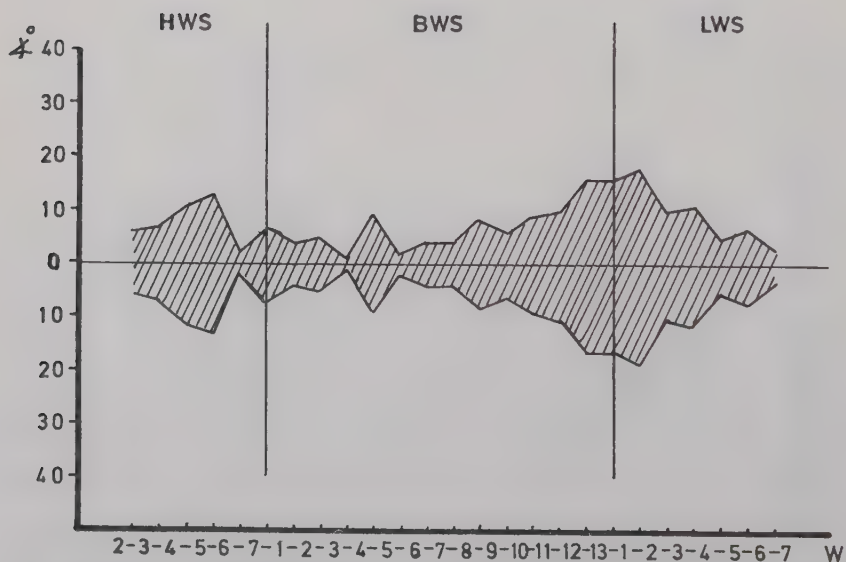
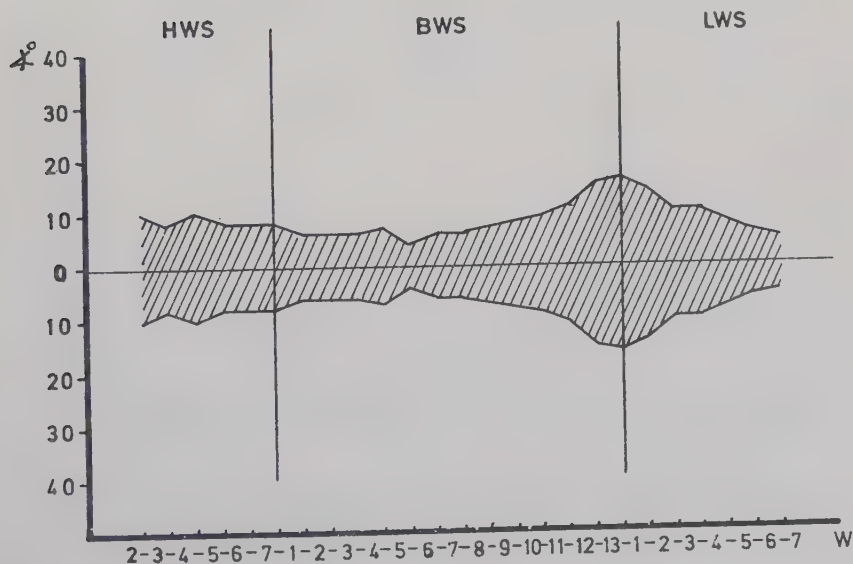
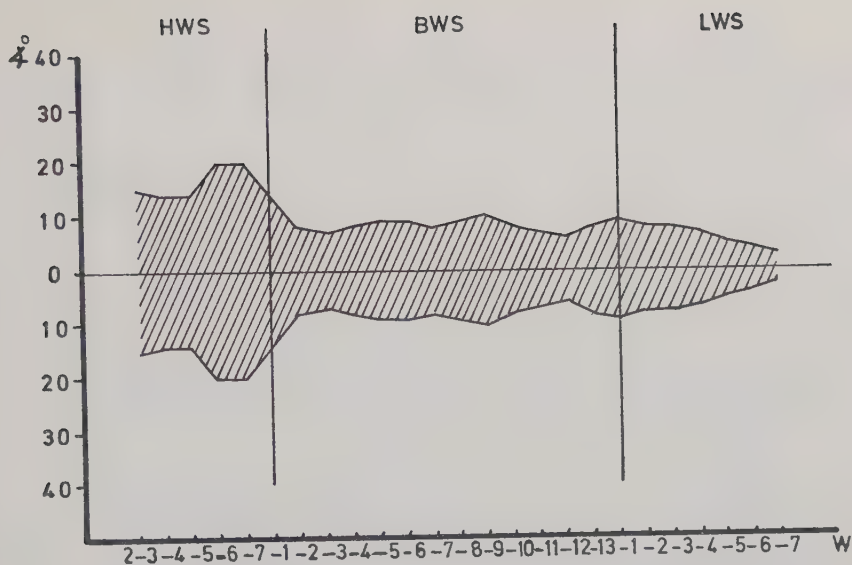


Abb. 24: Gesamtbewegung der Wirbelsäule einer Katze in der Horizontalebene, Kater 16 J. (15)



c) Vergleich zwischen der Beweglichkeit in der Vertikal- und in der Horizontalebene

Um die Beweglichkeit der Wirbelsäule in den verschiedenen Richtungen vergleichen zu können, wurde die Gesamtbewegung in der Vertikalen sowie in der Horizontalen nebeneinander dargestellt (Abb. 27 - 30). Aus diesen Kurven geht deutlich hervor, dass beim HUND, mit Ausnahme kleiner Bezirke in der Hals- und der Lendenwirbelsäule, die Gesamtbeweglichkeit in der Horizontalebene grösser ist als die Gesamtbewegung in der Vertikalebene.

Bei der KATZE dagegen ist die Beweglichkeit bis zur Mitte der Brustwirbelsäule in der Vertikalebene und ab der Mitte in der Horizontalebene grösser. Auch hier bilden einzelne Wirbel in der Hals- und der Lendenwirbelsäule eine Ausnahme.

Im Lumbosakralgelenk beträgt die Beweglichkeit in der Vertikalebene beim Hund im Mittel 13° und bei der Katze 23° . Dagegen besteht bei beiden Tierarten in der Horizontalebene keine Beweglichkeit.

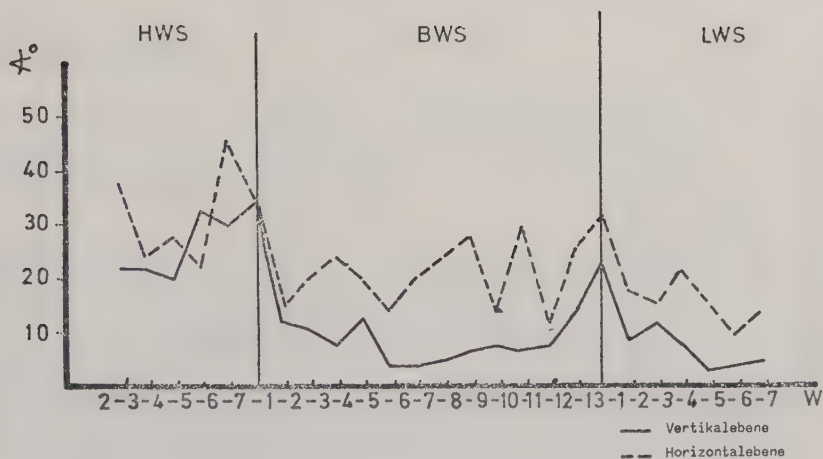


Abb. 27: Gesamtbewegung der Wirbelsäule eines Hundes in der Vertikal- und in der Horizontalebene, Airedale w. 10 J. (VI)

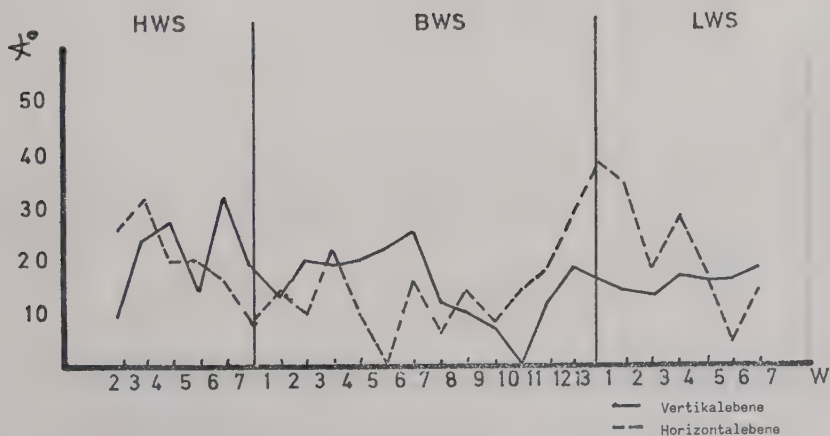


Abb. 28: Gesamtbewegung der Wirbelsäule einer Katze in der Vertikal- und in der Horizontalebene, Kater 16 J. (15)

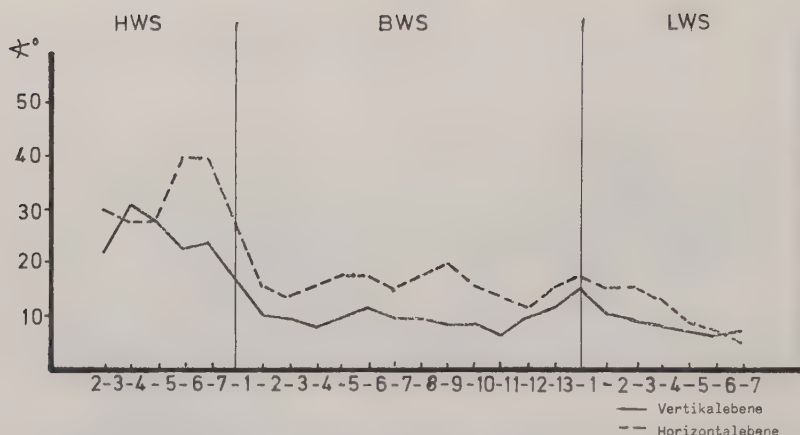


Abb. 29: Gesamtbewegung der Wirbelsäule des Hundes in der Vertikal- und in der Horizontalebene, Mittelwerte.

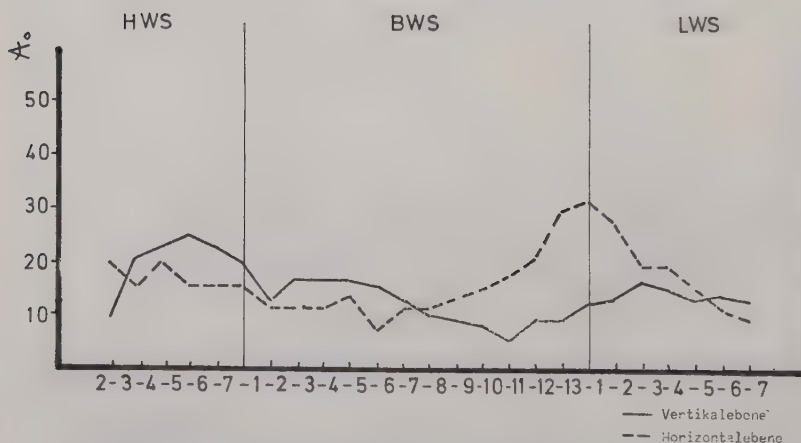


Abb. 30: Gesamtbewegung der Wirbelsäule der Katze in der Vertikal- und in der Horizontalebene, Mittelwerte.

VII. DIE TORSION

Die Torsion oder Rotation ist nach KRÜGER (1927) eine Drehung der Einzelwirbel um eine durch die Mitte der Wirbelkörper gehende Längsachse.

HUND und KATZE: Die Messungen zeigten beim Hund und bei der Katze das gleiche Verhalten (Abb. 31 - 33). Mit Ausnahme des ersten Halswirbels, der sich beim Hund um etwa 40° und bei der Katze um etwa 50° nach jeder Seite um den Zahn des Axis drehen lässt, beginnt die Torsion am 6. bzw. 7. Halswirbel und endet am 11. bzw. 12. Brustwirbel. Die Werte der einzelnen Wirbel liegen bis zum 10. Brustwirbel bei 5° - 6° , und vom 10. bis 12. Brustwirbel ergeben die Messungen im Durchschnitt 1° nach jeder Seite.

Diese Ergebnisse entsprechen der Stellung der Gelenkfortsätze, die vom 1. bzw. 2. bis zum 10. Brustwirbel tangential stehen. An der Halswirbelsäule besitzen sie dagegen eine horizontale und ab dem 10. Brustwirbel bis zum Kreuzbein eine sagittale Stellung zur Wölbung des Wirbelbogens (NICKEL und SCHUMMER 1968).

Wie aus den Vergleichsmessungen am einzelnen Tier (Abb. 34) ersichtlich ist, hemmen Rippen mit Brustbein und Zwischenrippenmuskulatur sowie die Bauchmuskulatur die Bewegung deutlich.

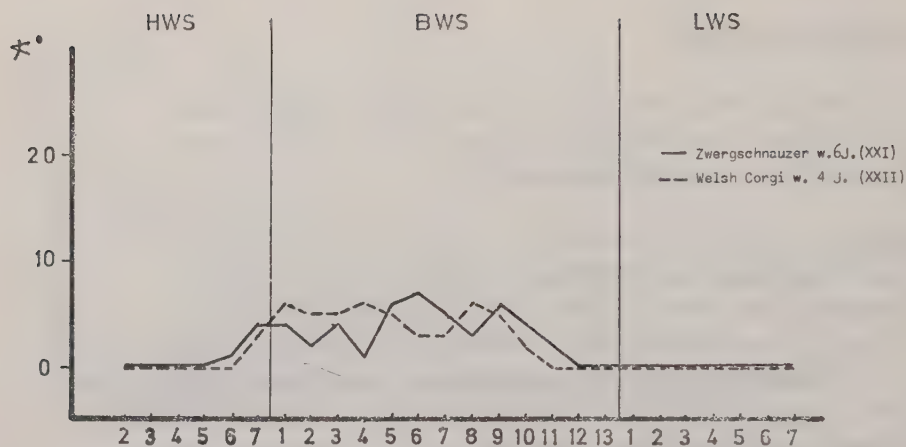


Abb. 31: Torsion der Wirbelsäule des Hundes.

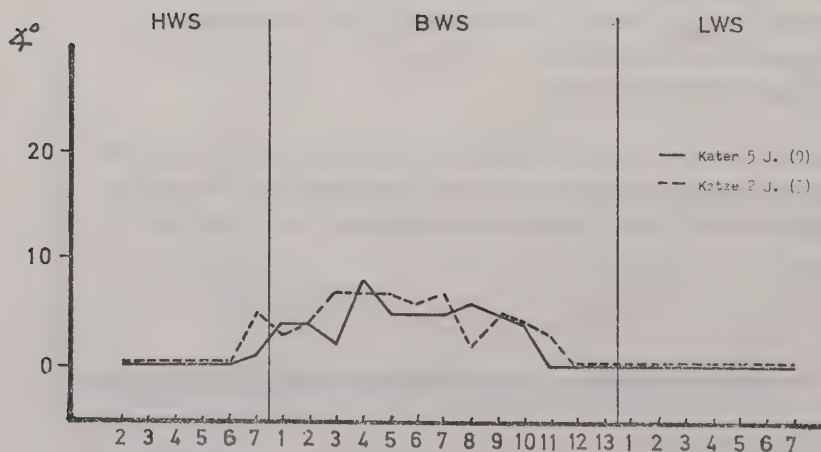


Abb. 32: Torsion der Wirbelsäule der Katze.

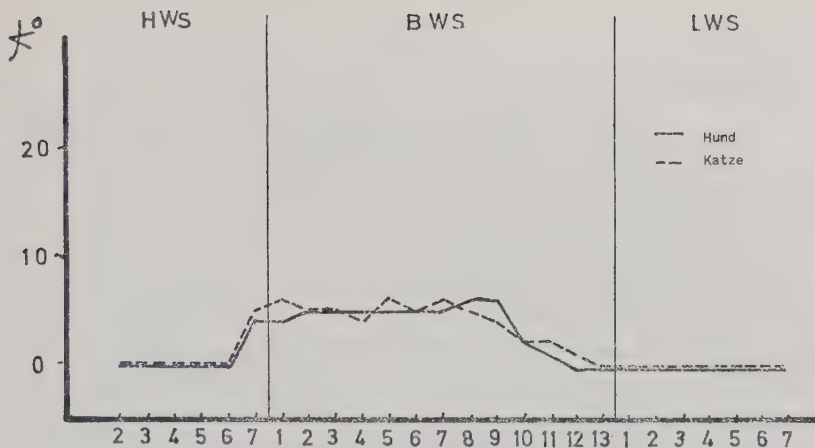


Abb. 33: Torsion der Wirbelsäule von Hund und Katze, Mittelwerte.

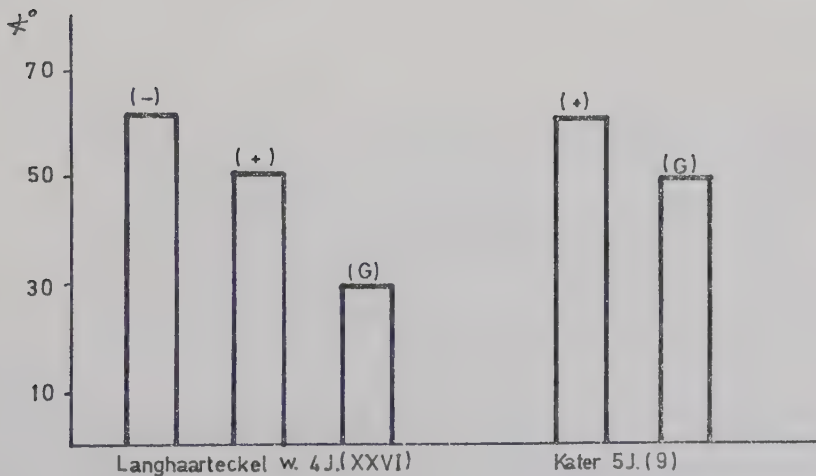


Abb. 34: Vergleichsmessungen bei der Torsion,
 (-) = Wirbelsäule ohne Rippen,
 (+) = Wirbelsäule mit Rippen,
 (G) = unversehrtes Tier.

VIII. NEBENBEFUNDE

1. Bei den Messungen konnte an drei Hunden, einem Glatthaarterrier, weiblich, 10 Jahre (XIX), einem Mittelpudel, männlich, 6 Jahre (XIII) und einem Mittelpudel, weiblich, 13 Jahre (XIV), eine extrem starke Beweglichkeit zwischen dem 6. und 7. Lendenwirbel festgestellt werden. Wie aus den Abbildungen 35 - 36 hervorgeht, ist jedoch nur die dorsalkonkave Flexion vergrößert. Sie liegt bei den drei Hunden bei 30° , 39° und 29° . Am lebenden Tier wiesen keine Symptome auf eine Erkrankung im Wirbelsäulenbereich hin. Leider konnten diese Befunde an der Wirbelsäule selbst nicht näher untersucht werden, da die Wirbelsäulen dieser Tiere nach der Röntgenbilddauswertung nicht mehr zur Verfügung standen. ARCHIBALD und CAWLEY (1959) beschreiben beim Hund eine ähnlich extreme Beweglichkeit zwischen dem 7. Lendenwirbel und dem Kreuzbein und bezeichnen sie als "Spondylolisthesis". Bei den oben erwähnten drei Hunden konnte im Röntgenbild jedoch keine Spondylolyse festgestellt werden.
2. Bei einem Mittelschnauzer, männlich, 4 Jahre (XVII), waren nur 12 Brustwirbel angelegt. Das Tier hatte jedoch 13 Rippen, da der letzte Halswirbel als sogenannter "cervicothoracaler Übergangswirbel" (EHLER 1959/1960) mit zwei Halsrippen ausgestattet war.
3. Bei einem Rauhaarteckel, männlich, 2 Jahre (XXIV), war das letzte Rippenpaar knöchern mit dem 13. Brustwirbel verwachsen.
4. Bei 27 Hunden war der 10. Brustwirbel der "diaphragmatische Wirbel" und bei 3 Hunden war es der 11. Brust-

wirbel. Bei den 15 untersuchten Katzen war stets der 11. Brustwirbel der diaphragmatische Wirbel. Dies stellte VIRCHOW (1907, 1926) auch bei Löwe und Tiger fest.

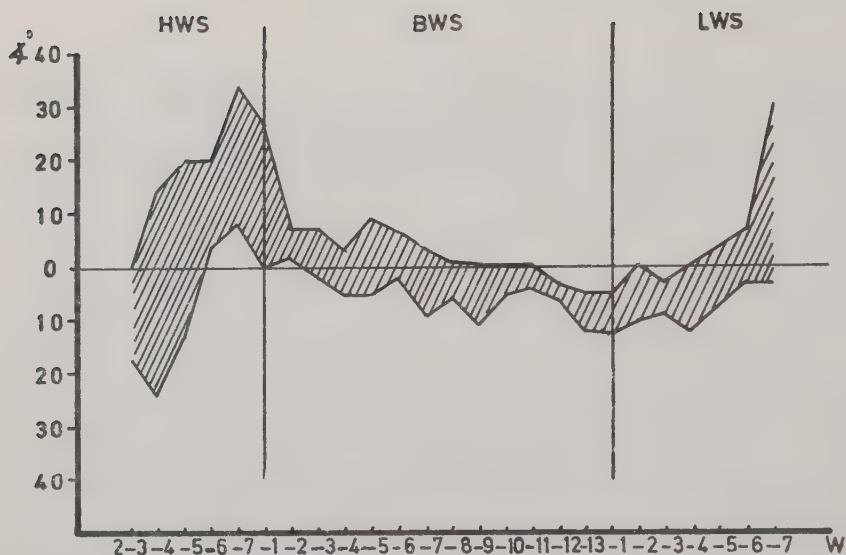


Abb. 35: Gesamtbewegung der Wirbelsäule eines Hundes in der Vertikalebene mit extremer Beweglichkeit zwischen dem 6. und 7. Lendenwirbel, Glatthaarterrier w. 10 J. (XIX)

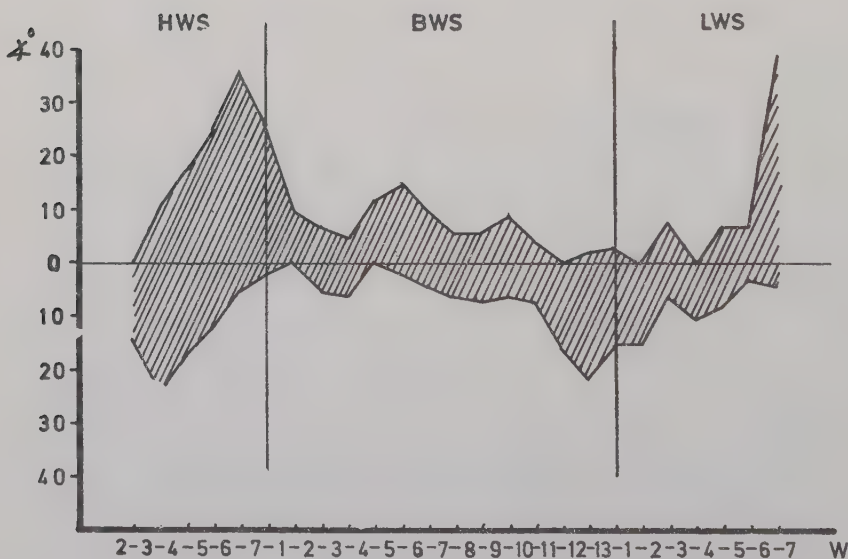


Abb. 36: Gesamtbewegung der Wirbelsäule eines Hundes in der Vertikalebene mit extremer Beweglichkeit zwischen dem 6. und 7. Lendenwirbel, Mittelpudel w. 6 J. (XIII)

D. DISKUSSION

=====

Die in der vorliegenden Arbeit angewandte Methodik unterscheidet sich wesentlich von den Verfahren, mit welchen tierische Wirbelsäulen bisher vermessen wurden. AUER (1914) und REUTER (1932), die sich speziell mit der Wirbelsäule von Katze und Hund befassten, nahmen ihre Untersuchungen an freipräparierten Wirbelsäulen vor und benutzten die "Eigenform" als Ausgangsbasis für ihre Messungen. Bei der hier angewandten Methodik wird die Wirbelsäule am intakten Tier in den Extremstellungen röntgenologisch festgehalten. Eine hypothetische Mittellage als Ausgangsstellung wird, mit Ausnahme bei der Lateralflexion, nicht gewählt, da diese nicht exakt und für alle Tiere gleich ist. Erst durch die Zusammenfassung der beiden Flexionsmöglichkeiten in einer Ebene ist es möglich, klare Angaben über die tatsächlich vorhandene Beweglichkeit zu machen, zumal präformierte Krümmungen in der Wirbelsäule häufig eine geringe Beweglichkeit vortäuschen.

Gegen die Methodik lässt sich einwenden, dass die Kraft, mit der die Beugung durchgeführt wird, nicht jedesmal genau gleich ist und dass beim Beugen an den Wirbelsäulenenden auf den einzelnen Wirbel unterschiedliche Kräftmomente angreifen können (ANDERSSON und EKSTRÖM 1941). Messungen mit Bestimmung der Kraft, die auf jeden einzelnen Wirbel wirkt, lassen sich jedoch nur an der freipräparierten Wirbelsäule durchführen. Der Sinn dieser Arbeit ist jedoch nicht, das Maximum der Beweglichkeit zwischen den einzelnen Wirbeln festzustellen, sondern den Bewegungsspielraum der Wirbelsäule unter möglichst physiologischen Bedingungen zu prüfen. Bei den Vergleichsmessungen zeigten einzelne

Wirbelverbindungen der Hals- und Lendenwirbelsäule nach dem Entfernen der Rippen gelegentlich kleinere Beugungswerte als vorher. Es wurden, um dennoch eine Aussagemöglichkeit über die hemmende Wirkung von Rippen mit Brustbein und Zwischenrippenmuskulatur sowie der Bauchmuskulatur zu erhalten, deshalb nur die Summen der Einzelwerte zwischen den Wirbeln miteinander verglichen.

Beim HUND konnte in der Halswirbelsäule übereinstimmend mit REUTER (1932) die grösste Beweglichkeit in dorsoventraler und in lateraler Richtung sowie das Fehlen der Torsion festgestellt werden. Entgegen meinen Ergebnissen beobachtete REUTER (1932) jedoch, dass die Beweglichkeit der Brustwirbelsäule fast so ausgiebig wie die der Halswirbelsäule ist, und SLIJPER (1946) fand sogar das Maximum der Beweglichkeit der gesamten Wirbelsäule im Bereich des "Zwerchfellansatzes". Auf die Torsionsmöglichkeit zwischen dem 1. und 10. Brustwirbel weist auch REUTER (1932) schon hin. Dagegen konnte ihre Feststellung, dass die Lendenwirbelsäule in sich steif ist, weder von SLIJPER (1946) noch von mir bestätigt werden. Trotz der grösseren Anzahl untersuchter Tiere ist es mir nicht möglich, die Feststellung von REUTER (1932), dass ein Unterschied in der Beweglichkeit zwischen den einzelnen Hunderassen besteht, zu bestätigen, da zu wenig Tiere den gleichen Befund zeigen.

Bei der KATZE stellte AUER (1914) fest, dass in der Brustwirbelsäule eine grosse Möglichkeit zur Skoliose und eine geringe dorsoventrale Bewegungsmöglichkeit besteht, wogegen in der Lendenwirbelsäule nach seinen Ausführungen die Skoliose kaum möglich und die dorsoventrale Beweglichkeit gering ist. Bei meinen Messungen konnte ich dieses Verhalten der Wirbelsäule nicht feststellen. Ebenfalls zeigt sich bei meinen Ergebnissen nicht, dass eine besonders grosse

dorsoventrale Flexionsmöglichkeit, wie sie AUER (1914) zwischen dem 7. Halswirbel und dem 1. Brustwirbel fand, besteht.

Dieser Unterschied in den Ergebnissen liegt einmal daran, dass, im Gegensatz zu meinen Untersuchungen, mit isolierten und freipräparierten Wirbelsäulen gearbeitet wurde, und zum anderen ist der Grund darin zu suchen, dass bei der Beugung von einer theoretischen Ausgangsstellung ausgegangen wurde. Weiterhin wurden bis jetzt nur bei der Torsion Messwerte angegeben, und den Angaben über die einzelnen Beugungen liegen lediglich Beobachtungen zugrunde.

Abweichend von den bisherigen Ergebnissen stellte sich ferner heraus, dass die Lendenwirbelsäule bei Hund und Katze nicht nur zu einer grossen Beweglichkeit in der Vertikalebene fähig ist, sondern dass die Bewegung in der Horizontalebene diese noch übertrifft. Bei der Katze ist dieses Verhalten sogar noch weit ausgeprägter als beim Hund. Dies schliesst jedoch nicht aus, dass normalerweise die Hauptbewegung in der Vertikalebene gemäss der Stellung der Gelenkfortsätze stattfindet. Wie sich die Wirbelgelenke in der Lendenwirbelsäule bei der starken Lateralbewegung verhalten, bedarf noch einer näheren Klärung.

Einige der häufigsten Wirbelsäulenerkrankungen sind beim Hund und bei der Katze die Zwischenwirbelscheibenveränderungen. Der Hund wird häufiger als die Katze betroffen, und zwar besonders die sogenannten chondrodystrophen Rassen (KING, SMITH und KON 1958). Zum Vorfall nach dorsal in den Wirbelkanal neigen beim Hund in erster Linie die Bandscheiben im Thorakolumbalgebiet vom 11. Brust-

wirbel bis zum 5. Lendenwirbel, wobei die meisten Vorfälle zwischen dem 13. Brust- und dem 1. Lendenwirbel erfolgen. Weniger häufig kommt es in der Halswirbelsäule zum Prolaps (HANSEN 1952, SMITH und KING 1954, SMITH 1958, 1960). Bei der Katze treten Protrusionen hauptsächlich in der Halswirbelsäule auf. In geringerem Masse sind sie zwischen dem 9. Brust- und dem 6. Lendenwirbel und dabei besonders vom 12. Brustwirbel, nach kaudal zunehmend, bis zum 5. Lendenwirbel zu finden. Zwischen dem 10. und dem 11. Brustwirbel kommen Protrusionen seltener vor (KING, SMITH und KON 1958, KING und SMITH 1964).

Setzt man die Häufigkeit der Bandscheibenvorfälle in Beziehung zu der Beweglichkeit, so zeigt sich, dass es in den beweglicheren Wirbelsäulenverbindungen vermehrt zum Bandscheibenvorfall kommt (Abb. 19 - 20 und 29 - 30). Wie bereits ausgeführt, liegt beim Hund das Maximum der Beweglichkeit im Thorakolumbalgebiet zwischen dem 12. Brust- und dem 1. bzw. 2. Lendenwirbel. Hier wurden auch am häufigsten Protrusionen festgestellt (SMITH 1958). Auch bei der Katze nimmt die Häufigkeit der Protrusionen, ebenso wie die Beweglichkeit, vom 11. Brustwirbel an nach kaudal zu, und die geringe Beweglichkeit zwischen dem 10. und 11. Brustwirbel fällt mit dem selteneren Vorkommen des Bandscheibenvorfalles an dieser Stelle zusammen.

Der Zusammenhang zwischen der Beweglichkeit der Wirbelsäule und der Häufigkeit der Bandscheibenprotrusionen an bestimmten Wirbelsäulenabschnitten darf selbstverständlich nicht isoliert betrachtet werden, da die Beweglichkeit mit Sicherheit nicht die einzige Ursache darstellt. Dies zeigt sich deutlich an dem vorderen Abschnitt der Brustwirbelsäule. Hier besteht eine etwa gleichgrosse Beweglichkeit wie in der Lendenwirbelsäule und die Zwischenwirbelscheiben

zeigen eine auffallend starke Tendenz zur Degeneration und Verkalkung. Protrusionen finden jedoch kaum statt, da hier das Ligamentum conjugale dorsale mit den dorsalen Anteilen des jeweiligen Anulus fibrosus verschmilzt und ihn derart festigt, dass es nicht zum Vorfall des Nucleus pulposus in den Wirbelkanal kommt. Weiterhin besteht bei gewissen Hunderrassen in ätiologischer Hinsicht eine Disposition zum Bandscheibenvorfall (SMITH und KING 1954).

Die Messungen über die Beweglichkeit der Wirbelsäule bei Hund und Katze haben ergeben, dass die Katze in Bezug auf Vertikal- und Horizontalflexion ein anderes Verhalten zeigt als der Hund. Möglicherweise ist dieses Verhalten der Wirbelsäule, zusammen mit dem Fehlen des Nackenbandes und dem Ersatz der Zwischendornbänder durch Muskelfasern, die Ursache für die geschmeidige Biegsamkeit des Katzenkörpers.

E. ZUSAMMENFASSUNG

=====

An 30 Hunden und 15 Katzen wurden Messungen über die Beweglichkeit der Wirbelsäule durchgeführt. Die extremen Beugestellungen wurden geröntgt und anschliessend ausgemessen. Die Messung der Torsion erfolgte mit Hilfe von Stahlnadeln, die in die Dornfortsätze der Wirbel geschlagen wurden und deren veränderte Stellung nach dem Rotieren mit dem Winkelmesser abgelesen werden konnte.

Zur Feststellung des Verlaufs der Wirbelsäule beim zwanglos aufrecht stehenden Tier wurden Röntgenaufnahmen von vier Hunden in "Normalstellung" angefertigt und die Ergebnisse aufgezeichnet. Bei drei Hunden war die Sakralkrümmung lordotisch und nur bei einem Hund kyphotisch.

Die Beweglichkeit der Wirbelsäule konnte durch die Summe der beiden extremen Beugungen in einer Ebene ermittelt werden. Bei der Kyphose bzw. Lordose blieben die Halsbrustkrümmung bzw. die Brustlendenkrümmung in ihrer ursprünglichen Lage bestehen.

HUND: Beim Hund ist in der Vertikal- und in der Horizontalebene die Halswirbelsäule der beweglichste Abschnitt. Die übrige Brust- und Lendenwirbelsäule zeigt in beiden Ebenen eine geringere, jedoch gleichmässige Beweglichkeit. Dabei ist die Flexionsmöglichkeit in der Horizontalebene an der gesamten Wirbelsäule grösser als in der Vertikalebene. Die Torsion ist zwischen dem 7. Halswirbel und dem 11. Brustwirbel möglich.

KATZE: Auch bei der Katze ist die Halswirbelsäule in der Vertikalebene der beweglichste Teil. Von da an nimmt die Beweglichkeit bis zum 11. bzw. 12. Brustwirbel kontinuierlich ab und wird zum Kreuzbein wieder grösser. In der Horizontalebene ist die Beweglichkeit bis zur Mitte der Brustwirbelsäule geringer als in der Vertikalebene und erreicht danach am Übergang von der Brust- zur Lendenwirbelsäule ihr Maximum. Zum Kreuzbein nimmt die Beweglichkeit wieder ab. Bei der Torsion verhält sich die Katze wie der Hund.

Es wurde festgestellt, dass die Wirbelsäulenabschnitte, die am häufigsten zum Bandscheibenvorfall neigen, auch die grösste Beweglichkeit besitzen.

Die Ergebnisse werden diskutiert.

F. LITERATURVERZEICHNIS

=====

ANDERSSON, N., und T. EKSTRÖM (1914):
Über die Beweglichkeit der Wirbelsäule
Gegenbaurs Morph. Jb., 85, 135-185

ARCHIBALD, J., und A.J. CAWLEY
The Locomotion System
in:

Hoskins, H.P., J.V. Lacroix und K. Mayer (Editors) (1959):
Canine Medicine, Second edition, 489
American Veterinary Publications, Inc.

AUER, K. (1914):
Die Wirbelsäule der Katze
Arch. Anat., Anat. Abt., Berlin, 197-205

BARKE, S.N. (1931):
Acta radiol., Stockholm, Bd. 18
zitiert nach:
Andersson, N., und T. Ekström (1941)

BARTHEZ, P.J. (1798):
Nouvelle mécanique des mouvements de l'homme
et des animaux
Carcassonne

BLUNTSCHLI, H. (1912):
Beziehungen zwischen Form und Funktion der
Primatenwirbelsäule
Morph. Jb., 44, 489-517
Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig

BORELLI, J.A. (1685):
De motu animalium
Rom

EHLER, E. (1959/1960):

Zum Aufbau der Wirbelsäule des Menschen und
der Säugetiere

Wiss. Zschr. Univ. Rostock

Math. Naturwiss. Reihe, 9, 147-169

FICK, R. (1911):

Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke
unter Berücksichtigung der bewegenden Muskeln
3. Teil: Spezielle Gelenk- und Muskelmechanik
Verlag Gustav Fischer, Jena.

HANSEN, H.J. (1952):

A Pathologic-Anatomical Study on Disc
Degeneration in Dog
Acta orthop. scand. Suppl. 11

HENKE, J.W. (1863):

Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke
Verlagshandlung Winter, Leipzig

HUGHES, A.W. (1892):

Die Drehbewegung der menschlichen Wirbelsäule
und die sogenannten Musculi rotatores.
Arch. Anat., Anat. Abt., Berlin, 265-280

KING, A.S., R.N. SMITH und V.M. KON (1958):

Protrusion of the Intervertebral Disc in the Cat
Vet. Rec. 70, 467-469

KING, A.S., und R.N. SMITH (1964):

Degeneration of the Intervertebral Disc in the Cat
Acta orthop. scand. 34, 139-158

KOCH, T. (1970):

Lehrbuch der Veterinär-Anatomie, Bd. 1
Verlag VEB Gustav Fischer, Jena

KOSUBEK, H.K. (1962):

Untersuchungen über die Bewegungsvorgänge des
Russischen Windhundes (Barsoi)

Diss. Giessen

KRÜGER, W. (1927):

Musculus multifidus und Musculi rotatores der
Haussäugetiere und ihre Beziehung zur Drehfähig-
keit der Wirbelsäule

Anat. Anz., Jena, 63, 305-327

KRÜGER, W. (1958):

Handbuch der Zoologie, Bd. 8: Der Bewegungsapparat 6 (I)
Verlag Walter de Gruyter, Berlin

KUMMER, B. (1959):

Bauprinzipien des Säugerskeletts
Verlag Georg Thieme, Stuttgart

KUMMER, B. (1960):

Beziehungen zwischen der mechanischen Funktion und
dem Bau der Wirbelsäule bei quadrupeden Säugetieren
Zschr. Tierz., 74, 159-167

LOVETT, R.W. (1905):

Die Mechanik der normalen Wirbelsäule und ihr
Verhältnis zur Skoliose

Verh. Dtsch. Ges. orthop. Chir., Teil II, 1-47
Enke Verlag, Stuttgart

MEYER, G.H. (1873):

Die Statik und Mechanik des menschlichen
Knochengerüsts

Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig

NICKEL, R., und A. SCHUMMER:

Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem
in:

Nickel, R., A. Schummer und E. Seiferle (1968):

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere

Bd. I: Bewegungsapparat

Verlag Paul Parey, Berlin

NOVOGRODSKY, M. (1911):

Die Beweglichkeit in der menschlichen Wirbelsäule

Diss. Bern

RABEL, R. (1971):

Die Abhängigkeit der Pathobiologie des Rumpfes von den
Zusammenhängen und Teilfunktionen der Gewebesysteme

Mat. Med. Nordm., 23, 207-225

REUTER, M. (1932):

Über die Eigenform, die Bewegungsmöglichkeiten und
einige Messungen an der Hundewirbelsäule

Zschr. ges. Anat. I Abt., 99, 117-145

SCHWARZE, E. (1960):

Kompodium der Veterinär-Anatomie, Bd. I

Verlag VEB Gustav Fischer, Jena

SEIFERLE, E.:

Aktiver Bewegungsapparat, Muskelsystem

in:

Nickel, R., A. Schummer und E. Seiferle (1968):

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere

Bd. I: Bewegungsapparat

Verlag Paul Parey, Berlin

SLIJPER, E.J. (1946):

Comparative Biologic-Anatomical Investigations on the
Vertebral Column and Spinal Musculature of Mammals

Verh. Akad. wet., Amsterdam

Afd. Nat.kde. 2 Sect., 42

SMITH, R.N., und A.S. KING (1954):

Protrusion of the Intervertebral Disc in the Dog

Vet. Rec. 66, 210

SMITH, R.N. (1958):

Anatomical Factors Influencing Disc Protrusion
in Dog and Man

Preceedings of the Royal Society of Medicine,

Vol. 51, No. 7, 571-573

SMITH, R.N. (1960):

Protrusion of the Intervertebral Disc

Brit. Small Anim. Ass. Congr. Proceed. 1959, 44-49

Pergamon Press, London

STRASSER, H. (1913):

Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik

Bd. II, Spezieller Teil

Verlag Julius Springer, Berlin

VIRCHOW, H. (1907):

Die Wirbelsäule des Löwen nach Form zusammengesetzt

S.ber. Ges. naturf. Freunde, Berlin, 43-69

VIRCHOW, H. (1909):

Die Eigenform der menschlichen Wirbelsäule

Verh. Anat. Ges., Jena, 157-164

VIRCHOW, H. (1910):

Die Wirbelsäule von Hydrochoerus capybara nach
Form zusammengesetzt

S. ber. Ges. naturf. Freunde, Berlin, 253-265

VIRCHOW, H. (1914):

Über die Gelenkfortsätze der Wirbelsäule

Verh. Anat. Ges., Jena, 46, 129-137

VIRCHOW, H. (1915a):

Die Wirbelsäule des Strausses

Arch. Anat., Berlin, 207-244

VIRCHOW, H. (1915b):

Bewegungsmöglichkeiten der Wirbelsäule des Flamingos

Arch. Anat., Berlin, 245-254

VIRCHOW, H. (1915c):

Über die Bewegungsmöglichkeiten an der Wirbelsäule
und am Thorax des wilden Kaninchens

Arch. Anat., Berlin, 255-264

VIRCHOW, H. (1926):

Die Eigenform der Tigerwirbelsäule

Zschr. Anat. Entw.gesch., 78, 490-505

VOLKMANN, A.W. (1872):

Von der Drehbewegung des Körpers

Arch. path. Anat., Berlin, Bd. 56, 467-504

WEBER, E.H. (1827):

Anatomisch-physiologische Untersuchungen über einige

Einrichtungen im Mechanismus der menschlichen Wirbelsäule

Meckels Arch. Anat., 240-271

WENGER, F. (1915):

Beitrag zur Anatomie, Statik und Mechanik der Wirbel-
säule des Pferdes mit besonderer Berücksichtigung der
Zwischenwirbelscheiben

Arch. Entw.mech. Organ, 41, 371-429

ZIETSCHMANN, O.:

Das Skelettsystem. Der passive Bewegungsapparat.

in:

Zietschmann, O., E. Ackerknecht und H. Grau (1943):

Ellenberger - Baum

Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere,

18. Auflage

Verlag Springer, Berlin

ZSCHOKKE, E. (1892):

Weitere Untersuchungen über das Verhältnis der

Knochenbildung zur Statik und Mechanik des

Vertebratenskelettes

Zürich

G. TABELLARISCHER ANHANG

=====

Die im Tabellenkopf angeführten Zahlen beziehen sich auf die einzelnen Wirbel. Die erste Messung wurde demnach zwischen dem 2. und 3. Wirbel, die zweite zwischen dem 3. und 4. Wirbel etc. durchgeführt.

Die Abkürzungen bedeuten:

HWS = Halswirbelsäule

BWS = Brustwirbelsäule

LWS = Lendenwirbelsäule

G = das ganze, unversehrte Tier

+ = Wirbelsäule mit Muskulatur und unbeschädigtem Brustkorb

- = Wirbelsäule mit Eigenmuskulatur, ohne Brustkorb und Bauchmuskeln.

Die Zahlen in der Tabelle sind Winkelgrade.

Anstatt des Tieres wurde der Einfachheit halber eine Zahl eingesetzt. Die zugeordneten Hunde und Katzen sind aus den Tabellen 1 und 2 ersichtlich.

Da bei der Kyphose die Halsbrustkrümmung meist lordotisch und die Brustlendenkrümmung bei der Lordose meist kyphotisch verharren, wurden die Winkelangaben, sofern sie ein entgegengesetztes Verhalten zur Flexion zeigten, mit den Buchstaben "v" für kyphotisch (ventralkonkav) und "d" für lordotisch (dorsalkonkav) gekennzeichnet.

Beispiel 1:

Hund X - Kyphose:

6. und 7. Halswirbel stehen lordotisch (dorsalkonkav) in einem Winkel von 15° zueinander, also wird dieser mit 15d bezeichnet.

Beispiel 2:

Katze 5 - Lordose:

12. und 13. Brustwirbel stehen in einem kyphotischen (ventralkonkaven) Winkel von 23° zueinander; die Bezeichnung ist deshalb 23v.

Bei einigen Tieren fehlen einzelne Winkelangaben, da die Röntgenaufnahmen an diesen Stellen nicht exakt ausgewertet werden konnten.

Die Mittelwerte sind auf volle Zahlen auf- bzw. abgerundet.

Tabelle 1

Rasse, Geschlecht und Alter der
untersuchten Hunde.

Nr.	Tier	Geschlecht	Alter
I	Deutsche Dogge	w	10 J.
II	Deutscher Schäferhund	m	10 J.
III	Deutscher Schäferhund	m	1 J.
IV	Deutscher Schäferhund	w	1 J.
V	Neufundländer	m	9 J.
VI	Airedale	w	10 J.
VII	Königspudel	m	9 J.
VIII	Boxer	w	3 J.
IX	Boxer	w	7 J.
X	Boxer	m	5 J.
XI	Boxerbastard	w	14 J.
XII	Mittelpudel	m	1 J.
XIII	Mittelpudel	m	6 J.
XIV	Mittelpudel	w	13 J.
XV	Mittelpudel	m	10 J.
XVI	Mittelpudel	m	1 J.
XVII	Mittelschnauzer	m	4 J.
XVIII	Chow Chow	m	12 J.
XIX	Glatthaarterrier	w	10 J.
XX	Kleinpudel	w	7 J.
XXI	Zwergschnauzer	w	6 J.
XXII	Welsh Corgi	w	4 J.
XXIII	Rauhaarteckel	w	1 J.
XXIV	Rauhaarteckel	m	2 J.
XXV	Rauhaarteckel	m	9 J.
XXVI	Langhaarteckel	w	4 J.
XXVII	Langhaarteckel	m	7 J.
XXVIII	Langhaarteckel	w	9 J.
XXIX	Kurzhaarteckel	m	6 J.
XXX	Kurzhaarteckel	w	3 J.

Tabelle 2

Rasse, Geschlecht und Alter der
untersuchten Katzen.

Nr.	Tier	Alter
1	Katze	1 J.
2	Katze	1 J.
3	Katze	1 J.
4	Katze	1 J.
5	Katze	2 J.
6	Katze	2 J.
7	Kater	3 J.
8	Kater	4 J.
9	Kater	5 J.
10	Siamkater	6 J.
11	Katze	6 J.
12	Kater	8 J.
13	Katze	9 J.
14	Katze	10 J.
15	Kater	16 J.

Als "Katze" wird die Europäische Hauskatze
bezeichnet.

Tabelle 4

KY-ROSE
(Ventralkonkave Flexion)

Hund	HWS										BWS										LWS									
	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7				
II	29	29	7	11d	23d	0	0	0	0	4	0	0	0	3	3	3	3	9	22	22	14	8	3	4	5	2				
II	25	18	7	1	26d	0	0	0	0	2	0	0	0	4	5	3	3	11	20	20	12	8	3	10	4	0				
III	27	27	24	0	3d	27d	5d	8	6	2d	2d	0	3	2	4	4	4	11	21	20	14	6	5	3	7	4				
V	26	30	23	7d	18d	13d	0	4	2	0	3	0	0	2	5	6	6	16	16	12	9	3	2	2	3	2				
VI	22	19	12	15	2d	2d	0	3	0	0	1d	3	2	4	7	6	12	19	23	12	8	8	3	4	5					
VII	26	33	24	0	17d	15d	0	0	5	0	0	4	4	3	6	11	14	22	17	11	10	7	9	9	9					
VII	26	29	23	5	14d	18d	1	0	3	3	3	4	6	5	7	6	14	24	15	13	7	12	9	10	8					
VII	21	36	20	2	13d	12d	1	9	3	0	3	5	2	5	5	7	15	15	14	9	8	7	5	7	6					
VIII	23	20	13	10	3	3	2	0	0	0	2d	3d	3	7	6	8	16	17	19	12	11	8	5	4	4					
IX	19	17	7	6	20d	17d	5d	3	0	2d	9d	0	7	1	2	2	10	17	19	13	8	10	4	2	0					
X	32	18	14	5d	15d	15d	0	0	0	0	0	1d	4	3	3	8	12	20	21	8	6	2	5	0	2					
XI	24	25	19	9	12d	18d	3	2	4	3	4	5	5	4	7	5	13	20	12	3	4	7	3	2	2					
XIII	20	25	15	7	0	2	0	0	5	2	4	4	4	8	4	8	13	22	16	12	9	7	6	6	3					
XIII	14	23	17	12	5	2	0	5	6	0	2	4	6	7	6	7	16	21	15	15	6	10	8	3	4					
XIV	17	28	19	6	17a	14d	1d	3d	0	3	8	8	6	7	1	5	14	23	15	12	14	10	9	11	11					
XVI	27	25	20	0	0	18d	5d	0	0	7	2	3	4	4	6	1	8	13	16	8	6	1	8	13	16					
XVI	25	28	26	0	4d	21d	6d	0	0	3	0	0	4	4	6	1	8	16	16	8	6	1	8	13	16					
XVI	26	26	19	3	3	27d	0	0	7	0	0	2	6	7	5	1	8	13	16	8	6	1	8	13	16					
XVII	21	19	14	4	8d	10d	0	0	0	3	3	6	5	4	3	8	17	*	20	11	10	3	8	6	2d					
XIX	18	24	13	4d	8d	0	2d	2	5	5	2	9	6	11	5	4	6	12	13	10	9	12	8	3	3					
XX	19	10	13	2	4d	5d	5	0	0	0	0	4	5	3	2	1	14	22	16	8	2	6	2	0	0					
XXIV	26	14	8	16	0	3d	0	0	0	0	7	2	0	6	4	4	10	21	23	18	7	13	5	6	9					
XXIV	18	12	7	0	0	0	0	0	0	0	5	4	3	3	1	6	10	21	24	15	11	9	7	9	6					
XXV	15	18	13	2	1	12d	0	0	0	0	2	6	4	2	7	6	12	15	19	15	12	5	6	3	0					
XXV	15	14	21	0	4	5d	3d	0	0	0	2	4	6	5	7	6	12	16	21	14	12	8	6	2	2					
XXV	23	18	16	13	5	16d	5d	0	0	1d	2d	7	3	0	7	5	14	16	20	13	12	6	7	3	4d					
XXVI						5d	7d	7d	0	0	2	6	8	4	4	8	14	20												
XXVI	28	19	15	8	9	11d	3	4	0	4	6	6	3	2	4	5	10	7	19	7	6	5	2	3	2					
XXVI	19	14	14	17	15	4d	5	2	4	6d	4d	12	4	4	7	2	15	17	19	12	9	7	9	1	4					
XXIX	19	23	16	11	3d	0	5d	0	0	7	2	3	5	0	6	4	13	18	19	11	15	7	7	3	2					
XXX	22	22	16	4	6d	9d	1d	1	2	1	1	1	4	4	4	5	12	18	19	12	8	7	6	4	3					
Mittelwert																														

Mittelwert

70

Tabelle 6

Gesamtbewegung in der Vertikalebene.

Hund	HWS.												BWS												LWS											
	2	3	4	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7		
II	29	41	33	7	13	27	8	8	7	6	7	4	11	8	7	7	8	3	8	12	25	14	8	5	8	8	7	25	14	8	5	8	8	7		
II	25	18	18	22	8	23	8	7	6	8	10	11	13	7	7	8	10	3	10	4	25	13	8	6	10	6	3	25	13	8	6	10	6	3		
III	27	33	28	17	17	10	2	8	11	5	8	4	6	6	6	3	4	4	4	12	14	10	5	10	6	10	4	14	10	5	10	6	10	4		
V	26	30	41	19	4	11	9	14	11	13	12	8	8	8	10	13	10	1	7	8	8	8	5	6	5	3	2	8	8	5	6	5	3	2		
VI	22	22	20	33	30	34	12	11	8	13	4	4	5	7	8	7	8	7	8	14	23	9	12	8	3	4	5	23	9	12	8	3	4	5		
VII	26	42	40	17	10	11	7	12	18	10	12	13	11	13	11	13	11	16	7	18	15	9	13	7	9	19	18	15	9	13	7	9	19	18		
VII	26	39	33	27	18	11	8	9	14	13	14	6	8	8	10	8	10	8	15	19	11	17	7	12	9	10	15	11	17	7	12	9	10	15		
VII	21	49	34	24	22	8	6	12	9	6	9	9	3	13	5	9	10	9	6	5	6	5	8	7	5	7	6	6	5	8	7	5	7	6		
VIII	23	27	31	30	31	30	9	8	7	11	14	10	13	6	11	8	16	16	16	19	12	13	12	6	10	6	2	19	12	13	12	6	10	6		
IX	19	27	19	21	4	14	7	12	10	13	9	11	12	7	7	3	7	3	7	14	16	12	6	10	6	2	0	28	8	12	5	2	12	0		
X	32	28	26	20	17	6	10	8	4	5	6	0	1	4	6	6	9	7	13	12	7	0	5	9	3	5	4	7	0	5	9	3	5	4		
XI	24	39	31	17	8	12	11	9	7	8	13	11	12	8	9	7	13	9	16	24	19	14	14	12	11	14	41	19	14	14	12	11	14	41		
XIII	20	41	29	19	27	26	10	12	17	16	16	15	16	22	9	16	16	24	23	18	15	14	10	15	10	43	18	15	14	10	15	10	43			
XIII	14	34	34	37	41	29	10	12	11	12	17	14	12	13	15	11	16	23	9	9	20	14	16	12	16	40	18	15	14	16	12	16	40			
XIV	17	45	33	25	16	7	12	9	6	14	21	19	15	8	10	1	2	1	1	2	1	9	20	14	16	12	16	40	18	15	14	16	12	16	40	
XV	27	31	27	16	30	16	11	6	7	5	12	16	11	9	13	4	13	16	16	9	9	20	14	16	12	16	40	18	15	14	16	12	16	40		
XVI	25	40	39	24	26	18	5	6	4	8	11	7	4	9	9	5	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	40	18	15	14	16	12	16	40		
XVI	26	45	31	23	34	10	8	8	7	3	4	4	6	7	5	1	10	8	8	12	12	12	12	12	12	12	40	18	15	14	16	12	16	40		
XVII	21	21	22	28	26	3	15	7	9	17	14	16	14	12	8	14	15	1	10	8	12	12	12	12	12	12	40	18	15	14	16	12	16	40		
XIX	18	39	34	17	27	28	6	10	8	14	9	13	7	11	5	4	3	7	7	8	10	6	12	11	10	33	19	8	10	6	12	11	10	33		
XX	19	10	19	14	14	16	16	9	6	8	12	14	12	11	9	1	14	15	15	12	4	5	7	4	0	2	19	8	10	6	12	11	10	33		
XXIV	26	24	17	37	27	20	8	13	12	16	18	10	13	14	10	8	10	16	16	17	16	9	18	5	6	12	19	8	10	6	12	11	10	33		
XXIV	18	20	15	21	27	20	12	10	2	12	15	10	13	12	6	9	8	18	25	16	17	16	9	18	5	6	12	19	8	10	6	12	11	10	33	
XXV	15	29	27	22	27	20	16	11	10	12	21	12	13	12	13	10	12	12	12	15	13	11	7	9	6	10	19	8	10	6	12	11	10	33		
XXV	15	19	33	22	31	24	10	11	7	9	9	9	11	11	11	11	11	11	14	18	11	12	11	6	12	19	8	10	6	12	11	10	33			
XXV	23	25	19	28	29	2	4	4	0	8	15	11	12	3	16	2	10	10	10	10	4	12	6	11	7	8	19	8	10	6	12	11	10	33		
XXVI	15	19	33	22	31	24	10	11	7	9	9	9	11	11	11	11	10	14	18	11	12	11	6	12	19	8	10	6	12	11	10	33	19	8	10	33
XXVI	28	30	27	23	47	6	14	31	5	9	14	12	3	8	9	5	9	5	5	26	7	10	10	7	6	11	19	8	10	6	12	11	10	33		
XXVI	19	20	32	35	46	25	19	12	10	5	2	14	4	6	7	0	11	12	19	8	12	9	13	3	10	19	8	10	6	12	11	10	33			
XXIX	19	39	26	36	29	16	9	12	0	17	5	3	5	5	6	4	7	7	7	7	7	7	11	7	7	2	4	19	8	10	6	12	11	10	33	
XXX	22	31	28	23	24	17	10	10	8	10	12	10	10	10	9	9	7	10	12	16	11	10	9	8	7	19	8	10	6	12	11	10	33			
ittelwert																																				

Tabellu 8		Torsion																				Gesamt-Torsion
Hund	HWS										BWS											
	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
II	0	0	0	0	1	6	6	2	8	4	4	7	7	11	7	8	0	0	0	71		
III	0	0	0	0	0	5	0	2	2	4	5	2	4	4	7	0	0	0	0	35		
V	0	0	0	0	0	0	0	10	8	3	8	4	6	12	9	6	3	0	0	69		
VI	0	0	0	0	3	5	3	6	8	9	2	3	7	6	8	0	1	0	0	61		
VI	0	0	0	0	0	2	2	6	0	1	0	2	1	2	2	0	0	0	0	18		
VII	0	0	0	0	0	2	8	4	3	5	6	5	5	5	5	2	1	0	0	52		
VIII	0	0	0	0	2	1	1	6	0	0	15	13	9	15	0	0	0	0	0	62		
IX	0	0	0	0	0	2	4	11	5	8	8	10	7	6	11	5	0	0	0	77		
XIII	0	0	0	0	1	5	5	4	5	9	2	3	4	7	9	2	2	0	0	62		
XIII	0	0	0	0	0	4	5	4	3	7	3	3	2	6	4	2	3	0	0	46		
XVII	0	0	0	0	0	2	8	6	8	4	10	6	8	4	0	0	0	0	0	56		
XX	0	0	0	0	2	0	2	5	7	4	6	3	6	14	10	6	5	2	0	72		
XXI	0	0	0	0	1	4	4	2	4	1	6	7	5	3	6	4	2	0	0	49		
XXII	0	0	0	0	0	3	6	5	5	6	5	3	3	6	5	2	0	0	0	49		
XXV	0	0	0	0	2	4	4	5	11	7	6	2	4	5	7	4	1	0	0	58		
XXV	0	0	0	0	0	2	0	3	2	7	5	2	2	3	7	0	0	0	0	30		
XXVI	0	0	0	0	0	5	5	9	2	3	5	7	7	3	9	3	3	0	0	61		
XXVI	0	0	0	0	0	4	6	2	5	3	3	6	5	4	9	3	0	0	0	54		
XXVI	0	0	0	0	0	1	2	0	3	3	1	4	7	3	5	1	0	0	0	31		
XXVIII	0	0	0	0	0	2	2	5	2	3	4	5	4	2	4	0	0	0	0	33		
Mittelwert	0	0	0	0	0	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	2	1	0	0	52		
	-	6																		6		
	-																			6		
	-																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																			6		
	6																					

II

III

V

VI

VII

VIII

IX

XIII

XIII

XVII

XX

XXI

XXII

XXV

XXV

XXVI

XXVI

XXVI

XXVIII

Mittelwert

LORDOSE (Dorsalkonkave Flexion)

Kette	HWS										BWS										LWS									
	2	-	3	-	4	-	5	-	6	-	7	-	1	-	2	-	3	-	4	-	5	-	6	-	7					
9	0	5	9	24	15	16	6	4	15	8	16	15	9	9	8	7	7	5	0	5	10	8	8	12	5	+				
9	0	9	8	16	30	27	12	16	17	13	9	12	3	4	0	3v	15v	9v	5v	0	4	0	5	3	5	6				
10	0	3	11	23	36	9	8	13	13	8	9	5	8	2	0	14v	16v	10v	4	8	6	10	9	9	6					
11	0	5	12	20	31	13	11	12	18	16	18	12	11	8	5	9	10v	16v	19v	6v	7	10	12	16	7					
12	0	5	13	11	24	14	9	9	15	18	10	16	14	12	3	3v	2v	3	7	8	7	6	11	3	8					
13	0	0	15	25	28	26	13	6	13	14	12	7	6	3	4	0	0	8	14	11	14	12	10	+						
14	0	13	8	23	25	24	11	11	13	15	14	9	12	7	7	2v	7v	17v	16v	4v	4	10	10	11	6					
15	0	5	9	12	33	19	9	11	11	13	17	17	12	5	3	4v	0	5v	4v	7	7	9	12	15	6					
Mittelwert	0	7	10	18	25	21	11	11	12	14	13	10	9	6	5	1	5v	11v	6v	1	7	7	8	9	10					
Gesamtbewegung in der Vertikalebene																														
Tabelle 11																														
1	5	8	25	34	29	20	14	24	25	20	23	14	11	11	13	4	2	10	10	7	18	15	11	13	11	6				
2	12	26	17	22	24	18	11	13	16	20	18	15	19	11	8	9	11	10	7	17	14	17	19	17	14	+				
3	7	18	21	15	23	20	7	10	7	16	15	14	12	10	11	5	23	24	25	21	21	17	15	14	7	6				
3	17	27	31	27	14	3	9	12	16	14	13	7	6	2	7	2	1	1	24	9	11	14	11	12	20	6				
4	6	22	19	37	18	12	6	20	18	16	11	15	14	2	9	7	2	1	7	15	16	16	12	10	17	6				
5	11	19	13	36	21	28	10	11	9	7	7	2	4	8	7	9	20	20	25	22	25	22	21	14	15	6				
6	16	17	28	27	17	15	15	15	5	9	9	6	10	8	9	3	5	8	8	15	20	17	17	12	11	6				
7	9	24	25	32	14	16	29	20	20	18	15	11	10	11	5	4	8	0	1	14	16	10	13	16	2	6				
8	11	28	20	24	25	17	18	17	13	18	21	18	14	15	4	7	3	2	6	11	15	16	13	12	21	6				
9	6	21	36	19	16	19	6	10	27	8	21	15	12	15	8	12	18	26	26	17	18	16	19	11	+					
9	3	16	18	23	30	31	12	17	21	18	15	11	5	6	4	5	8	1	2	12	9	15	5	11	10	6				
9	11	21	28	21	18	36	14	27	13	13	8	12	5	8	9	7	1	0	11	14	14	12	14	14	14	6				
10	11	19	22	25	31	16	11	22	22	26	22	17	15	13	10	9	9	10	1	8	18	19	18	17	17	6				
11	11	19	22	25	31	16	11	22	22	26	22	17	15	13	10	10	15	13	16	16	24	14	9	17	7	6				
12	12	25	26	11	24	13	16	11	12	17	21	12	6	17	15	10	12	13	16	21	24	18	20	17	14	+				
13	8	25	15	28	29	30	17	15	23	25	17	14	16	12	12	3	13	8	1	6	16	20	17	14	17	6				
14	10	24	27	14	32	19	13	20	19	20	22	25	12	10	7	0	12	18	16	14	13	17	16	16	18	6				
15	10	24	27	14	32	19	13	20	19	20	22	25	12	10	7	0	12	18	16	14	13	17	16	16	18	6				
Mittelwert	10	21	23	25	23	20	13	17	17	17	16	13	11	10	9	6	10	10	13	14	17	16	14	15	14	+				

Tabelle 14

Beweglichkeit zwischen 7. Lendenwirbel
und Kreuzbein in der Vertikalebene

Hund	Geschlecht	Alter	Kyphose	Lordose	Gesamt- bewegung
III	m	1 J.	8d	19	11
VII	m	9 J.	5d	26	21
X	m	5 J.	30d	37	7
XII	m	1 J.	11d	36	25
XIII	m	6 J.	6d	11	5
XIV	w	13 J.	15d	28	13
XXV	m	9 J.	19d	22	3
XXVI	w	4 J.	11d	26	15
XXIX	m	6 J.	16d	39	23
XXX	w	3 J.	9d	15	6
Katze	Geschlecht	Alter	Kyphose	Lordose	Gesamt- bewegung
1	w	1 J.	5d	31	26
7	m	3 J.	0	19	19
9	m	5 J.	4d	16	12
10	m	6 J.	8d	27	19
11	w	6 J.	5d	33	28
12	m	8 J.	4d	34	30
14	w	10 J.	7d	28	21
15	m	16 J.	14d	32	18

Tabelle 15

Torsion zwischen Atlas und Axis.

Hund	Geschlecht	Alter	Winkelgrade
I	w	10 J.	39
VI	w	10 J.	36
VII	m	9 J.	28
XV	m	10 J.	54
XVI	m	1 J.	46
XVII	m	4 J.	30
XVIII	m	12 J.	40
XIX	w	10 J.	37
XXI	w	6 J.	38
XXVI	w	4 J.	48
Katze	Geschlecht	Alter	Winkelgrade
1	w	1 J.	56
3	w	1 J.	42
4	w	1 J.	40
8	m	4 J.	55
9	m	5 J.	47
11	w	6 J.	59
12	m	8 J.	50
13	w	9 J.	56

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. K. Loeffler für die Überlassung des Themas und für die jederzeit gewährte Unterstützung recht herzlich danken.

Ausserdem gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. A. Schummer für sein wohlwollendes Interesse und für die Übernahme der Dissertation und Vorlegung zur Promotion.

LEBENS LAUF

7.12.1941	geboren in Komotau/Sudetengebiet
1945	Aussiedlung nach Baden-Württemberg
1948 - 1952	Grundschulbesuch in Wendlingen/Neckar
1952 - 1962	Besuch des Gymnasiums in Kirchheim/Teck, Abschluss mit Abitur
1962 - 1964	Dienstzeit bei der Bundeswehr, Abgang als Leutnant d. Res.
1964 - 1969	Studium der Veterinärmedizin an der Justus Liebig-Universität in Giessen
1968	Veterinärpraktikantenzeit
1969	im Oktober Bestallung als Tierarzt
Seit 1970	als wissenschaftliche Hilfskraft in der Abteilung für Anatomie und Physiologie der Haustiere mit Tierklinik der Uni- versität Stuttgart-Hohenheim und als Fleischbeschautierarzt am Schlachthof in Stuttgart tätig.
Seit Juni 1970	Anfertigung der vorliegenden Dissertation
7.7.1972	Promotion.

